

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-015031

(43)Date of publication of application : 22.01.1999

(51)Int.Cl.

G02F 1/35

H04J 14/00

H04J 14/02

H04Q 3/52

(21)Application number : 10-009392

(71)Applicant : FUJI XEROX CO LTD

(22)Date of filing : 21.01.1998

(72)Inventor : FURUKI MAKOTO  
TATSUURA SATOSHI  
FU RYUJUN  
SATOY YASUSATO

(30)Priority

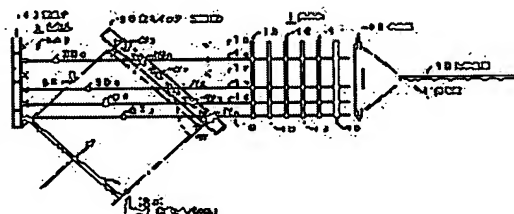
Priority number : 09114059 Priority date : 01.05.1997 Priority country : JP

## (54) LIGHT DISTRIBUTING METHOD AND LIGHT DISTRIBUTING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To directly and easily convert the serial signal light of such a high bit rate as to be equal to or higher than 1 Tbits/s into parallel signal lights being spatially one dimensional or two dimensional multiple channels.

SOLUTION: Line shaped optical switches 30 are arranged on optical paths of signal lights 1 by inclining its line direction by 45 degrees with respect to the progress direction of the signal lights 1 and control lights 2 synchronized with the signal lights 1 are made vertically incident on the optical switches 30. The optical switches 30 are made to transmit the signal lights 1 with transmissivities of not lower than a prescribed value only at the moment the control lights 2 are irradiated. As a



result, respective spatial position parts 1p, 1q, 1r, 1s, 1t, 1u of respective signal pulses 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1F are cut out as respective output light pulses 3Ap, 3Bq, 3Cr, 3Ds, 3Et, 3Fu from areas Wp, Wq, Wr, Ws, Wt, Wu of the optical switches 30. A phase conjugate light generating device can be also used instead of the optical switches 30 and, in this case, intensities of output lights can be made larger.

---

#### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.08.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] The control light which has, on the other hand, arranged the optical device which has predetermined broadening in \*\* on the optical path of the signal light which consists of an optical pulse train, and synchronized with the signal light and this so that both may cross on the aforementioned optical device and it may cross to the aforementioned predetermined width of face The optical distribution method of generating the output optical pulse corresponding to the spatial position portion from which the optical pulse from which the aforementioned signal light differs differs from the field where incidence is carried out to the aforementioned optical device, respectively, and it differs in the aforementioned predetermined width of face of the aforementioned optical device.

[Claim 2] As opposed to the signal light which consists of an optical pulse train the optical device which \*\* and this are intersected and also has predetermined broadening in a direction on the other hand, respectively, or the control light which synchronized with this it has the inclination of the biaxial direction -- as -- arranging -- the aforementioned signal light and control light -- both -- the aforementioned optical device top -- crossing -- and the one aforementioned direction and the other directions -- so that it may cross to predetermined width of face, respectively The optical distribution method of carrying out incidence to the aforementioned optical device, respectively, and generating the output optical pulse corresponding to the spatial position portion from which the optical pulse from which the aforementioned signal light differs differs from the field of the one aforementioned direction of the aforementioned optical device, and the other directions where it differs in predetermined width of face, respectively.

[Claim 3] The optical distribution method which starts the spatial position portion from which the optical pulse from which the aforementioned signal light differs as the aforementioned output optical pulse as the aforementioned optical device in the optical distribution method of claims 1 or 2 using the optical switch to which an on-off state is changed by whether the control light more than predetermined intensity is irradiated differs.

[Claim 4] The optical distribution method of carrying out incidence of the aforementioned control light at right angles to the aforementioned optical switch, making simultaneously into an ON state the field where the aforementioned optical switches differ the account of before, and making the incidence of the aforementioned signal light carrying out aslant to the aforementioned optical switch in the optical distribution method of a claim 3.

[Claim 5] The optical distribution method to which the incidence of the aforementioned control light is made to carry out aslant to the aforementioned optical switch, the field where the aforementioned optical switches differ the account of before is made into an ON state one by one, and incidence of the aforementioned signal light is carried out at right angles to the aforementioned optical switch in the optical distribution method of a claim 3.

[Claim 6] The aforementioned optical switch is the optical distribution method which is the thing which makes the aforementioned signal light penetrate with the permeability beyond a predetermined value as an ON state only at the moment of the aforementioned control light being irradiated in one optical

distribution method of the claims 3-5.

[Claim 7] The aforementioned optical switch is the optical distribution method which is that in which the aforementioned signal light is reflected with the reflection factor beyond a predetermined value as an ON state only at the moment of the aforementioned control light being irradiated in one optical distribution method of the claims 3-5.

[Claim 8] The optical distribution method using what generates the phase-conjugation light of the aforementioned probe light as the aforementioned output optical pulse in the optical distribution method of claims 1 or 2 when the pump light which is the probe light and the aforementioned control light which are the aforementioned signal light as the aforementioned optical device is irradiated simultaneously.

[Claim 9] In the optical distribution method of a claim 8, while carrying out incidence of the 1st pump light which is the aforementioned control light at right angles to the aforementioned optical device from the whole surface side of the aforementioned optical device The pump light of the aforementioned optical device which has arranged the reflecting mirror to the side on the other hand, and penetrated the aforementioned optical device from the aforementioned whole surface side is reflected with the aforementioned reflecting mirror. as 2nd pump light The optical distribution method of carrying out incidence at right angles to the aforementioned optical device from a field side besides the above, and making the incidence of the probe light which is the aforementioned signal light carrying out [, simultaneously with the pump light of the above 1st ] aslant to the aforementioned optical device simultaneously with the above 1st and the 2nd pump light.

[Claim 10] The optical distribution method that shall have arranged the wavelength plate between the aforementioned optical device and the aforementioned reflecting mirror, and between and the polarization direction should cross at right angles the above 1st and the 2nd pump light mutually in the optical distribution method of a claim 9.

[Claim 11] The optical distribution method which takes out the output optical pulse generated from the aforementioned optical device by the polarization beam splitter in the optical distribution method of a claim 10.

[Claim 12] It is the optical distribution method that the aforementioned optical device is semiconductor particle distribution glass or metal particle distribution glass in one optical distribution method of the claims 8-11.

[Claim 13] It is the optical distribution method that the aforementioned optical device is a semiconductor material or a semiconductor multiplex quantum well in one optical distribution method of the claims 8-11.

[Claim 14] It is the optical distribution method that the aforementioned optical device is a macromolecule organic thin film, an organic crystal thin film, or an organic meeting object thin film in one optical distribution method of the claims 8-11.

[Claim 15] The optical distribution method of obtaining the output optical pulse of each above as a thing without a spatial lap between adjoining output optical pulses in one optical distribution method of the claims 1-14.

[Claim 16] The optical distribution method of using a filter in order to obtain the output optical pulse of each above as a thing without a spatial lap between adjoining output optical pulses in the optical distribution method of a claim 15.

[Claim 17] The optical distribution method of processing the output optical pulse of each above by the space optical modulator or other optical processing elements in one optical distribution method of the claims 1-16.

[Claim 18] The optical distribution method that a photo detector detects the output optical pulse of each above in one optical distribution method of the claims 1-16.

[Claim 19] Optical distribution apparatus characterized by providing the following Signal light optical system which extends the wave front of the signal light which consists of an optical pulse train to at least 1 perpendicular shaft orientations to travelling direction The control light generation source which generates the control light which synchronized with the aforementioned signal light and the wave front

was able to extend to at least 1 perpendicular shaft orientations to travelling direction, By having predetermined broadening in \*\* on the other hand, and the signal light from the aforementioned signal light optical system and the control light from the aforementioned control light generation source crossing mutually, and irradiating over the aforementioned predetermined width of face, respectively The optical device which generates the output optical pulse corresponding to the spatial position portion from which the optical pulse from which the signal light from the aforementioned signal light optical system differs differs from the field where it differs in the aforementioned predetermined width of face [Claim 20] Optical distribution apparatus characterized by providing the following Signal light optical system which extends the wave front of the signal light which consists of an optical pulse train in the perpendicular direction of a field to travelling direction The control light generation source which generates the control light which synchronized with the aforementioned signal light and the wave front was able to extend in the perpendicular direction of a field to travelling direction, On the other hand, intersect \*\* and this, and also have predetermined broadening in a direction, respectively, and the signal light from the aforementioned signal light optical system or control light is received from the aforementioned control light generation source. It is allotted so that it may have the inclination of the biaxial direction, and the signal light from the aforementioned signal light optical system and the control light from the aforementioned control light generation source cross mutually., respectively by [ of the one aforementioned direction and the other directions ] irradiating over predetermined width of face, respectively The optical device which generates the output optical pulse corresponding to the spatial position portion from which the optical pulse from which the signal light from the aforementioned signal light optical system differs differs from the field of the one aforementioned direction and the other directions where it differs in predetermined width of face, respectively

[Claim 21] Optical distribution apparatus by which the spatial position portion from which the optical pulse from which the optical switch to which an on-off state is changed is used, and the signal light from the aforementioned signal light optical system differs as the aforementioned output optical pulse by whether the control light more than predetermined intensity is irradiated as the aforementioned optical device in the optical distribution apparatus of claims 19 or 20 differs is started.

[Claim 22] Optical distribution apparatus in which the control light from the aforementioned control light generation source carries out incidence at right angles to the aforementioned optical switch, a field of the aforementioned optical switch different the account of before is simultaneously made an ON state, and the signal light from the aforementioned signal light optical system carries out incidence to the aforementioned optical switch aslant in the optical distribution apparatus of a claim 21.

[Claim 23] Optical distribution apparatus in which the control light from the aforementioned control light generation source carries out incidence to the aforementioned optical switch aslant, a field of the aforementioned optical switch different the account of before is made an ON state one by one, and the signal light from the aforementioned signal light optical system carries out incidence at right angles to the aforementioned optical switch in the optical distribution apparatus of a claim 21.

[Claim 24] The aforementioned optical switch is optical distribution apparatus which is the thing which makes the signal light from the aforementioned signal light optical system penetrate with the permeability beyond a predetermined value as an ON state only at the moment of the control light from the aforementioned control light generation source being irradiated in one optical distribution apparatus of the claims 21-23.

[Claim 25] The aforementioned optical switch is optical distribution apparatus which is that in which the signal light from the aforementioned signal light optical system is reflected with the reflection factor beyond a predetermined value as an ON state only at the moment of the control light from the aforementioned control light generation source being irradiated in the optical distribution apparatus of either [ of a claim ] 21-23.

[Claim 26] It is the optical distribution apparatus which is what generates the phase-conjugation light of the aforementioned probe light as the aforementioned output optical pulse when the pump light which is the probe light and the aforementioned control light whose aforementioned optical device is the aforementioned signal light in the optical distribution apparatus of claims 19 or 20 is irradiated

simultaneously.

[Claim 27] In the optical distribution apparatus of a claim 26, while the 1st pump light which is the aforementioned control light carries out incidence at right angles to the aforementioned optical device from the whole surface side of the aforementioned optical device The pump light of the aforementioned optical device which the reflecting mirror has been arranged on the other hand at the side, and penetrated the aforementioned optical device from the aforementioned whole surface side reflects with the aforementioned reflecting mirror. Optical distribution apparatus in which carries out incidence at right angles to the aforementioned optical device from a field side besides the above, and the probe light which is the aforementioned signal light carries out [ simultaneously with the pump light of the above 1st ] incidence to the aforementioned optical device aslant as 2nd pump light simultaneously with the above 1st and the 2nd pump light.

[Claim 28] Optical distribution apparatus to which the wavelength plate shall have been arranged and the polarization direction should intersect [ the above 1st and the 2nd pump light ] perpendicularly mutually between the aforementioned optical device and the aforementioned reflecting mirror in the optical distribution apparatus of a claim 27.

[Claim 29] Optical distribution apparatus from which the output optical pulse generated from the aforementioned optical device is taken out by the polarization beam splitter in the optical distribution apparatus of a claim 28.

[Claim 30] It is the optical distribution apparatus whose aforementioned optical device is semiconductor particle distribution glass or metal particle distribution glass in one optical distribution apparatus of the claims 26-29.

[Claim 31] It is the optical distribution apparatus whose aforementioned optical device is a semiconductor material or a semiconductor multiplex quantum well in one optical distribution apparatus of the claims 26-29.

[Claim 32] It is the optical distribution apparatus whose aforementioned optical device is a macromolecule organic thin film, an organic crystal thin film, or an organic meeting object thin film in one optical distribution apparatus of the claims 26-29.

[Claim 33] Optical distribution apparatus obtained as a thing without a spatial lap in one optical distribution apparatus of the claims 19-32 between the output optical pulses which the output optical pulse of each above adjoins.

[Claim 34] Optical distribution apparatus equipped with the filter for obtaining the output optical pulse of each above as a thing without a spatial lap between adjoining output optical pulses in the optical distribution apparatus of a claim 33.

[Claim 35] Optical distribution apparatus equipped with the space optical modulator which processes the output optical pulse of each above, or other optical processing elements in one optical distribution apparatus of the claims 19-34.

[Claim 36] Optical distribution apparatus equipped with the photo detector which detects the output optical pulse of each above in one optical distribution apparatus of the claims 19-34.

[Claim 37] The optical switch on which the portion which is equipped with the base layer which consists of high-performance material from which an absorption coefficient changes, and the shading layer formed on this base layer, and is not covered by whether control light is irradiated in the aforementioned shading layer of the aforementioned base layer functions as two or more independent optical shutter sections mutually.

[Claim 38] The optical switch on which is equipped with the reflecting layer from which a reflection factor changes, and the reflecting layer functions as two or more independent effective switch sections mutually by whether the control light formed on a substrate and this substrate is irradiated.

[Claim 39] The optical device on which the portion which is equipped with the base layer which consists of high-performance material which generates the phase-conjugation light of the aforementioned probe light when probe light and pump light are irradiated simultaneously, and the shading layer formed on this base layer, and is not covered in the aforementioned shading layer of the aforementioned base layer functions as two or more independent phase-conjugation light generating sections mutually.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] This invention relates to the method and equipment of optical distribution (optical false rumor RUCHIPU Rex) which are used for an optical transmission system etc.

[0002]

[Description of the Prior Art] In a transmitting side, multiplex the signal light of many channels in a serial signal light in time, send out to an optical-fiber-transmission way, and it sets to a receiving side. In the optical transmission system distributed to the signal light of many channels, the multiplex serial signal light In order to realize the ultra high-speed optical-communication network of the Tbit/s (Tera bits per second) order corresponding to the increasing amount of information, the method of the optical multiplex (optical multiplexer) one corresponding to it and optical distribution (optical false rumor RUCHIPU Rex) is studied.

[0003] Conventionally, as a method of distributing multiplex serial signal light to the signal light of many channels, the phase shift method for changing the phase of signal light and the frequency shifting method for changing the frequency (wavelength) of signal light are considered as shown in less than [ "O plus E No.187 (June, 1995)" 73 page ].

[0004] The typical thing of a phase shift method is a thing using 2 optical-path interferometer using the optical Kerr effect. The refractive index of the nonlinear optics medium inserted in one optical path of 2 optical-path interferometer by making it change with the control light (gate light) which synchronized with multiplex serial signal light When a control optical pulse is not inputted, the signal optical pulse at that time is outputted from one output port of 2 optical-path interferometer, and when a control optical pulse is inputted, the signal optical pulse at that time is outputted from the output port of another side of 2 optical-path interferometer.

[0005] In a nonlinear optics medium, the frequency shifting method changes the frequency (wavelength) of multiplex serial signal light for every channel by control light, and separates the signal light of each channel from the signal light which changed spatially by the wavelength separation element.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in order that the phase shift method mentioned above may separate spatially the signal optical pulse which is not in agreement with the signal optical pulse which was in agreement with the control optical pulse in time, In order to obtain only two outputs at once theoretically but to separate and obtain the signal optical pulse of many channels While forming the above-mentioned 2 optical-path interferometer over multi-stage (it is a stage (N-1) when the number of channels is set to N) While must change the direction, and one side differs, and must carry out the time delay of signal light and the control light to 2 optical-path interferometer of each stage, incidence must be carried out, optical system becomes remarkably complicated, and correspondence becomes difficult so that the number of channels increases In order to give exact time difference between the signal light of each stage, or control light, very advanced process technology is needed.

[0007] Moreover, although the frequency shifting method mentioned above can obtain two or more output light of a channel collectively by changing signal light into different frequency (wavelength) for every channel at once in a nonlinear optics medium, since it becomes difficult to change signal light into different frequency for every channel at once with the increase in the number of channels in practice, it has the same problem as the phase shift method mentioned above.

[0008] Furthermore, although what was mentioned above means that it has information only in the direction of a time-axis and it is the case where the signal light of a zero dimension is spatially changed into a 1-dimensional output light, serially and spatially in time, the need of changing the same signal light into a two-dimensional output light spatially, or a demand is also considered.

[0009] By the optical transmission of image information, by the transmitting side, the parallel two-dimensional image information about an  $m \times n$  pixel is multiplexed in serial signal light, and it transmits. for example, by the receiving side To 1 shaft orientations, the multiplex serial signal light by  $m$  channels If it separates into a two-dimensional parallel signal light spatially [ of  $n$  channel ] to other 1 shaft orientations which intersect perpendicularly with this About the parallel two-dimensional image information about an  $m \times n$  pixel, it becomes possible to process or detect directly by the two-dimensional space optical modulator, the two-dimensional CCD array, etc., with two-dimensional parallel nature maintained.

[0010] However, by a conventional phase shift method and the conventional frequency shifting method, it becomes further much more difficult to change multiplex serial signal light into a two-dimensional parallel signal light spatially in this way from the case mentioned above where it changes into a 1-dimensional parallel signal light spatially.

[0011] then, this invention is direct in the serial signal light of a high bit rate, such as 1 or more Tbit/s, -- and it enables it to change into the parallel signal light of-dimensional [ 1 ] or two-dimensional many channels spatially easily

[0012]

[Means for Solving the Problem] By the optical distribution method of invention of a claim 1, the optical device which has predetermined broadening in \*\* on the other hand The control light which has arranged on the optical path of the signal light which consists of an optical pulse train, and synchronized with the signal light and this so that both may cross on the aforementioned optical device and it may cross to the aforementioned predetermined width of face Incidence is carried out to the aforementioned optical device, respectively, and the output optical pulse corresponding to the spatial position portion from which the optical pulse from which the aforementioned signal light differs differs is generated from the field where it differs in the aforementioned predetermined width of face of the aforementioned optical device.

[0013] In this case, the spatial position portion from which the optical pulse from which the aforementioned signal light differs as the aforementioned output optical pulse as the aforementioned optical device like invention of a claim 3 using the optical switch to which an on-off state is changed by whether the control light more than predetermined intensity is irradiated differs can be started.

[0014] Furthermore, incidence of the aforementioned control light is carried out at right angles to the aforementioned optical switch like invention of a claim 4 in this case. It considers as the method of making simultaneously into an ON state the field where the aforementioned optical switches differ the account of before, and making the incidence of the aforementioned signal light carrying out aslant to the aforementioned optical switch. like invention of a claim 5 It can consider as the method of making the incidence of the aforementioned control light carry out aslant to the aforementioned optical switch, making into an ON state the field where the aforementioned optical switches differ the account of before one by one, and carrying out incidence of the aforementioned signal light at right angles to the aforementioned optical switch.

[0015] The aforementioned signal light is made to penetrate with the permeability beyond a predetermined value as an ON state like invention of a claim 6 in this case only at the moment of the aforementioned control light being irradiated in the aforementioned optical switch. furthermore, like invention of a claim 7 The aforementioned signal light shall be reflected with the reflection factor

beyond a predetermined value as an ON state only at the moment of the aforementioned control light being irradiated in the aforementioned optical switch.

[0016] Or when the pump light which is the probe light and the aforementioned control light which are the aforementioned signal light as the aforementioned optical device is simultaneously irradiated like invention of a claim 8 again, what generates the phase-conjugation light of the aforementioned probe light as the aforementioned output optical pulse can be used.

[0017] Furthermore, while carrying out incidence of the 1st pump light which is the aforementioned control light at right angles to the aforementioned optical device from the whole surface side of the aforementioned optical device like invention of a claim 9 in this case The pump light of the aforementioned optical device which has arranged the reflecting mirror to the side on the other hand, and penetrated the aforementioned optical device from the aforementioned whole surface side is reflected with the aforementioned reflecting mirror. as 2nd pump light Incidence can be carried out at right angles to the aforementioned optical device from a field side besides the above, and, simultaneously with the pump light of the above 1st, simultaneously with the above 1st and the 2nd pump light, let probe light which is the aforementioned signal light be the method of making it carry out incidence aslant to the aforementioned optical device.

[0018] Furthermore, in this case, like invention of a claim 10, the wavelength plate shall have been arranged between the aforementioned optical device and the aforementioned reflecting mirror, and between and the polarization direction should cross at right angles the above 1st and the 2nd pump light mutually.

[0019] As opposed to the signal light which consists of an optical pulse train the optical device which \*\* and this are intersected on the other hand, and also has predetermined broadening in a direction by the optical distribution method of invention of a claim 2, respectively, or the control light which synchronized with this it has the inclination of the biaxial direction -- as -- arranging -- the aforementioned signal light and control light -- both -- the aforementioned optical device top -- crossing -- and the one aforementioned direction and the other directions -- so that it may cross to predetermined width of face, respectively Incidence is carried out to the aforementioned optical device, respectively, and the output optical pulse corresponding to the spatial position portion from which the optical pulse from which the aforementioned signal light differs differs is generated from the field of the one aforementioned direction of the aforementioned optical device, and the other directions where it differs in predetermined width of face, respectively.

[0020] In this case, the device which generates phase-conjugation light can be used like the optical distribution method of invention of a claim 1, using an optical switch as the aforementioned optical device.

[0021]

[Function] In the optical distribution method of invention of the claim 1 by the above-mentioned method By specifying the crossed axes angle and synchronous relation between signal light and control light, control light irradiates each field in the predetermined width of face of an optical device simultaneous or sequential. It changes into an ON state or the state which can be phase-conjugation light generated one by one, and the spatial position portion from which the optical pulse from which signal light differs at the time differs comes to carry out incidence of each field to simultaneous or the field made into the ON state or the state which can be phase-conjugation light generated.

[0022] Therefore, the output optical pulse corresponding to the spatial position portion from which the optical pulse from which the spatial position portion from which the optical pulse from which signal light differs differs is started as an output optical pulse, or signal light differs differs occurs as a phase-conjugation light from the field where it differs in the predetermined width of face of an optical device. Therefore, multiplex serial signal light will be spatially changed into a 1-dimensional parallel signal light.

[0023] In this case, when the bit rate of serial signal light is 1 Gbit/s (a gigabit/second), the time interval (pulse separation) of a signal optical pulse is set to 1ns (nanosecond), a spatial distance interval is set to 30cm, and the above-mentioned method becomes a huge thing unreal as a device.

[0024] However, for example, if the bit rate of serial signal light is 1 Tbit/s, the time interval of a signal optical pulse will serve as 1ps (picosecond), and a spatial distance interval will be set to 300 micrometers = 0.03cm. Even when the spatial distance interval of each field which should generate the output optical pulse in the predetermined width of face of an optical device when following, for example, carrying out incidence of the signal light at the angle of 45 degrees to an optical device and carrying out incidence of the control light at right angles to an optical device is set to 424 micrometers and it changes serial signal light into the one-dimension parallel signal light of 100 channels, the predetermined width of face of an optical device is good at a little more than 4.2cm.

[0025] therefore, direct in the serial signal light of a high bit rate, such as 1 or more Tbit/s, according to the optical distribution method of invention of a claim 1 -- and it is spatially convertible for the parallel signal light of 1-dimensional many channels easily

[0026] Moreover, since the problem of the optical loss in an optical device is avoidable while being able to make phase-conjugation luminous intensity as an output light larger than the probe luminous intensity which is signal light, when using the device which generates phase-conjugation light as an optical device, output luminous intensity can be enlarged.

[0027] In the optical distribution method of invention of the claim 2 by the above-mentioned method By specifying the angle of inclination of the biaxial direction to the signal light or control light of an optical device, the crossed axes angle of signal light and control light, and a synchronous relation Or it changes into an ON state or the state which can be phase-conjugation light generated one by one. control light -- an optical device -- on the other hand -- \*\* and the other directions -- respectively simultaneous in each field in predetermined width of face -- or it irradiates one by one and simultaneous in each field -- at the time The spatial position portion from which the optical pulse from which signal light differs differs comes to carry out incidence to the field made into the ON state or the state which can be phase-conjugation light generated.

[0028] Therefore, on the other hand, the output optical pulse corresponding to the spatial position portion from which the optical pulse from which the spatial position portion from which the optical pulse of an optical device from which signal light differs differs is started as an output optical pulse, or signal light differs differs occurs as a phase-conjugation light from the field of \*\* and the other directions where it differs in predetermined width of face, respectively. Therefore, multiplex serial signal light will be spatially changed into a two-dimensional parallel signal light.

[0029] And even when changing serial signal light into the two-dimensional parallel signal light of 100x100 channels if the bit rate of serial signal light is 1 Tbit/s so that clearly from the place mentioned above about the optical distribution method of invention of a claim 1 for example, each predetermined width of face of the one direction of an optical device and the other directions is good at about several cm.

[0030] therefore, direct in the serial signal light of a high bit rate, such as 1 or more Tbit/s, according to the optical distribution method of invention of a claim 2 -- and it is spatially convertible for the parallel signal light of two-dimensional many channels easily

[0031] Moreover, when using the device which generates phase-conjugation light as an optical device like the optical distribution method of invention of a claim 1, output luminous intensity can be enlarged.

[0032]

[Embodiments of the Invention]

[The operation form in the case of using an optical switch]

(When carrying out incidence of the control light to a penetrated type optical switch perpendicularly) Drawing 1 is the case where 1 operation form of the optical distribution method of this invention and optical distribution apparatus is shown, make the incidence of the signal light carry out aslant to this using a penetrated type optical switch, and incidence of the control light is carried out perpendicularly.

[0033] In the case of drawing, for the signal light of six channels, a multiplex and a bit rate are [ 1 Tbit/s and the pulse period interval of signal light 1' transmitted into the optical waveguides 10, such as an optical fiber, ] the things of 1ps serially in time.

[0034] The signal light 1 to which incidence of signal light 1' which transmitted the inside of this optical

waveguide 10 was carried out to the optical system 20 constituted combining the lens, and the wave front was able to extend it in the perpendicular direction of a field to travelling direction as an outgoing radiation light of optical system 20 and which consists of a train which are the signal optical pulses 1A-1F of each channel is obtained. Since the time interval of a signal optical pulse is 1ps, a spatial distance interval is set to 300 micrometers.

[0035] On the optical path of this signal light 1, the 45 degrees of the direction of a line are leaned to the travelling direction of the signal light 1, and the line-like optical switch 30 is arranged. An absorption coefficient (absorbance) changes by whether the control light 2 is irradiated, and the relaxation time forms an optical switch 30 by short nonlinear optics material. Only at the moment of the control light 2 being irradiated, while making the signal light 1 penetrate with the permeability beyond a predetermined value as a transparency state, it shall have the breadth of the predetermined width of face W in the direction of a line, and incidence of the signal light 1 is carried out to an optical switch 30 over the predetermined width of face W.

[0036] Since 45 degrees of optical switches 30 are leaned to the signal light 1, as shown in drawing, in the case of N(number of channels) = 6, let predetermined width of face W be the root double precision for a little more than 5 times of the spatial distance interval of a signal optical pulse.

[0037] By preparing a shading layer alternatively in practice, so that it may show and mention later to drawing 12, as shown in drawing which do not overlap mutually in the predetermined width of face W, as for an optical switch 30, it is desirable to make it function as the optical shutter section which six field Wp-Wu became independent of mutually in the case of N= 6. Each output optical pulse 3Ap-3Fu started from an optical switch 30 by this so that it may mention later does not have a spatial lap between adjoining output optical pulses.

[0038] Or you may arrange a filter without a spatial lap again between the output optical pulses which adjoin each output optical pulse 3Ap-3Fu on the optical path of the signal light 1 or the control light 2 mentioned later. Moreover, in order to raise wavelength-selection nature and an SN ratio if needed, you may prepare interference filters, such as a dielectric multilayer.

[0039] From signal light 1' which transmitted the inside of an optical waveguide 10, the control light 2 which the wave front was able to extend is formed in the perpendicular direction of a field to travelling direction like the signal light 1 which consists of one control optical pulse 2a per lot of the signal optical pulses 1A-1F and which synchronized with the signal light 1. The information which shows the beginning of the train of the signal optical pulses 1A-1F is inserted in signal light 1', and the control light 2 which synchronized with the signal light 1 by time relation which is later mentioned to the signal light 1 can be easily formed in it after this.

[0040] The travelling direction is made perpendicular to the direction of a line of an optical switch 30, and incidence of this control light 2 is carried out to an optical switch 30 over the predetermined width of face W. Although it is the case where incidence of the control light 2 is carried out to an optical switch 30 from the outgoing radiation side of the signal light 1, you may carry out incidence of the case of drawing to an optical switch 30 from the incidence side of the signal light 1.

[0041] Signal optical pulse 1A only from Field Wp so that signal optical pulse 1B may say only from Field Wq so that it may mention later So that it may dissociate spatially and the signal optical pulses 1A-1F may be started only from field Wp-Wu to which an optical switch 30 corresponds the time width of face of control optical pulse 2a It is made sufficiently shorter than the difference of the attainment time to field Wp-Wu by the difference in the optical path length to field Wp-Wu of the spatial position portions 1p-1u corresponding to field Wp-Wu of the direction of a wave front which was able to extend the signal light 1. That is, as shown in drawing, in leaning 45 degrees of optical switches 30 to the signal light 1, it makes time width of face of control optical pulse 2a sufficiently shorter than the time interval of a signal optical pulse.

[0042] For example, what is necessary is for the time width of face of control optical pulse 2a to be of the same grade as it of a signal optical pulse, or just to shorten it a little from it, if the time width of face of a signal optical pulse is 1/10 of 100fs(es) (FEMUTO second) of a time interval (1ps).

[0043] From an optical switch 30, on the optical path of the signal light 1 by the side of the front, the

light-corpuscle child 40 of the shape of the shape of a line which consists of photo detectors, such as an optical processing element or CCD arrays, such as a space optical modulator, and a photodetector array, and a one dimensional array is stationed so that each of that pixel may be located on the optical path of each spatial position portions 1p-1u of the signal light 1.

[0044] In the method or equipment mentioned above, as shown in drawing 2 (A), control optical pulse 2a irradiates simultaneously each field Wp-Wu of an optical switch 30, and changes into a transparency state simultaneously. And when the signal optical pulses 1A-1F reach simultaneously field Wp-Wu to which an optical switch 30 corresponds so that it may illustrate, the control light 2 is synchronized to the signal light 1 so that control optical pulse 2a may reach each field Wp-Wu of an optical switch 30.

[0045] Therefore, when control optical pulse 2a reaches each field Wp-Wu of an optical switch 30 Spatial position partial 1q of signal optical pulse 1B Field Wp Field Wq [ spatial position partial 1p of signal optical pulse 1A ] 1s of spatial position portions of signal optical pulse 1D Field Wr Field Ws [ spatial position partial 1r of signal optical pulse 1C ] 1t of spatial position portions of signal optical pulse 1E penetrates Field Wt, and spatial position partial 1u of signal optical pulse 1F penetrates Field Wu, respectively, and as shown in drawing 2 (B), it is started as output optical pulse 3Ap, 3Bq, 3Cr, 3Ds, 3Et, and 3Fu, respectively.

[0046] And this output optical pulse 3Ap-3Fu is processed or detected by the pixel to which the light-corpuscle child 40 corresponds. Therefore, the signal optical pulses 1A-1F of each channel will be taken out as one-dimension parallel information.

[0047] Although the part was omitted in drawing 1 and drawing 2 (A), and (B), as the group of the signal optical pulses 1A-1F shows the signal light 1 serially to drawing 2 (C) from an optical switch 30 continuously, the group of output optical pulse 3Ap-3Fu is started continuously. However, this drawing is what showed the space-position relation of output optical pulse 3Ap-3Fu, in time, the lot of output optical pulse 3Ap-3Fu is started simultaneously, and, in the case of  $N=6$ , the next lot of output optical pulse 3Ap-3Fu is simultaneously started after 6 times as much time as the time interval of a signal optical pulse.

[0048] Therefore, in the case of  $N=6$ , each pixel of the light-corpuscle child 40 just processes or detects corresponding output optical pulse 3Ap-3Fu for every 6 times as much time as the time interval of a signal optical pulse. When there is more channel several practical N, a speed of response is easier to be slow [ the light-corpuscle child 40 ], and he has implementability sufficient as a device.

[0049] as mentioned above, direct in the serial signal light of a high bit rate, such as 1 or more Tbit/s, according to the operation gestalt mentioned above -- and it is spatially convertible for the parallel signal light of 1-dimensional many channels easily

[0050] (When carrying out incidence of the signal light to a penetrated type optical switch perpendicularly) Drawing 3 is the case where other operation gestalten of the optical distribution method of this invention and optical distribution apparatus are shown, carry out incidence of the signal light to this perpendicularly using a penetrated type optical switch, and incidence of the control light is carried out aslant.

[0051] With this operation form, while making the direction of a line perpendicular to the travelling direction of the signal light 1, arranging an optical switch 30 on the optical path of the signal light 1 and carrying out incidence of the signal light 1 to an optical switch 30 over the predetermined width of face W, the travelling direction is leaned for the control light 2 to the direction of a line of an optical switch 30, and incidence is carried out to an optical switch 30 over the predetermined width of face W. Others are the same as the operation form of drawing 1.

[0052] However, only from Field Wu, signal optical pulse 1A so that signal optical pulse 1B may say only from Field Wt so that it may mention later So that it may dissociate spatially and the signal optical pulses 1A-1F may be started only from field Wu-Wp to which an optical switch 30 corresponds While making equal to the time interval of a signal optical pulse the difference of the attainment time to field Wu-Wp of control optical pulse 2a by the inclination to the optical switch 30 of the wave front which was able to extend the control light 2, time width of face of control optical pulse 2a is made sufficiently shorter than the time interval of a signal optical pulse.

[0053] In the method or equipment mentioned above, as shown in drawing 4 (A), when signal optical pulse 1A reaches an optical switch 30, the control light 2 is synchronized to the signal light 1 so that control optical pulse 2a may arrive at the field Wu of an optical switch 30.

[0054] Therefore, as shown in this drawing, when signal optical pulse 1A reaches an optical switch 30, the field Wu of an optical switch 30 is made into a transparency state, and spatial position partial 1u of signal optical pulse 1A penetrates Field Wu, and as shown in drawing 4 (B), it is started as output optical pulse 3Au.

[0055] Next, if signal optical pulse 1B reaches an optical switch 30 as shown in this drawing, control optical pulse 2a will arrive at the field Wt of an optical switch 30, Field Wt will be made into a transparency state, and 1t of spatial position portions of signal optical pulse 1B will penetrate Field Wt, and as shown in drawing 4 (C), it will be started as output optical pulse 3Bt.

[0056] Next, if signal optical pulse 1C reaches an optical switch 30 as shown in this drawing, control optical pulse 2a will arrive at the field Ws of an optical switch 30, Field Ws will be made into a transparency state, and 1s of spatial position portions of signal optical pulse 1C will penetrate Field Ws, and as shown in drawing 3, it will be started as output optical pulse 3Cs.

[0057] It is hereafter made the same. with the operation gestalt of drawing 3 Spatial position partial 1u of signal optical pulse 1A, 1t of spatial position portions of signal optical pulse 1B, 1s of spatial position portions of signal optical pulse 1C, Spatial position partial 1r of signal optical pulse 1D, spatial position partial 1q of signal optical pulse 1E, As output optical pulse 3Au, 3Bt, 3Cs, and 3Dr, 3Eq, and 3Fp, spatial position partial 1p of signal optical pulse 1F is started, and is processed or detected one by one by the pixel to which the light-corpuscle child 40 corresponds, respectively. Therefore, the signal optical pulses 1A-1F of each channel will be taken out as one-dimension parallel information.

[0058] In the case of  $N=6$ , also with this operation form, each pixel of the light-corpuscle child 40 just processes or detects corresponding output optical pulse 3Au-3Fp for every 6 times as much time as the time interval of a signal optical pulse. When there is more channel several practical N, a speed of response is easier to be slow [ the light-corpuscle child 40 ], and he has implementability sufficient as a device.

[0059] (When carrying out incidence of the control light to a reflected type optical switch perpendicularly) Drawing 5 is the case where the operation form of further others of the optical distribution method of this invention and optical distribution apparatus is shown, make the incidence of the signal light carry out aslant to this using a reflected type optical switch, and incidence of the control light is carried out perpendicularly.

[0060] With this operation form, like the operation form of drawing 1, the 45 degrees of the directions of a line of an optical switch 30 are leaned to the travelling direction of the signal light 1, and an optical switch 30 is arranged on the optical path of the signal light 1. However, a refractive index shall change by whether the control light 2 is irradiated, and the relaxation time shall form the optical switch 30 in this case by short nonlinear optics material, and it shall reflect the signal light 1 with the reflection factor beyond a predetermined value as a reflective state by interference only at the moment of the control light 2 being irradiated.

[0061] By preparing a reflecting layer alternatively in practice, so that it may show and mention later to drawing 15, as shown in drawing which do not overlap mutually in the predetermined width of face W, as for an optical switch 30, it is desirable to make it function as the effective switch section which six field Wp-Wu became independent of mutually in the case of  $N=6$ . Each output optical pulse 3Ap-3Fu started from an optical switch 30 by this so that it may mention later does not have a spatial lap between adjoining output optical pulses.

[0062] Or you may arrange a filter without a spatial lap again between the output optical pulses which adjoin each output optical pulse 3Ap-3Fu on the optical path of the signal light 1 or the control light 2 mentioned later. Moreover, in order to raise wavelength-selection nature and an SN ratio if needed, you may prepare interference filters, such as a dielectric multilayer.

[0063] While carrying out incidence of the signal light 1 to the reflector side of an optical switch 30 over the predetermined width of face W, the travelling direction is made perpendicular to the direction of a

line of an optical switch 30, and incidence of the control light 2 which synchronized with the signal light 1 is carried out to an optical switch 30 over the predetermined width of face W from the reflector side of an optical switch 30.

[0064] And in the position after the signal light 1 reflects by the optical switch 30, the light-corpuscule child 40 of the shape of the shape of a line and a one dimensional array is stationed so that each of that pixel may receive the reflected light of each spatial position portions 1p-1u of the signal light 1.

[0065] When the signal optical pulses 1A-1F reach simultaneously field Wp-Wu to which an optical switch 30 corresponds, others including the point of synchronizing the control light 2 to the signal light 1 are the same as the operation form of drawing 1 so that control optical pulse 2a may reach each field Wp-Wu of an optical switch 30.

[0066] therefore, like the operation form of drawing 1 only by there being a difference between transparency and reflection Spatial position partial 1p of signal optical pulse 1A, spatial position partial 1q of signal optical pulse 1B, Spatial position partial 1r of signal optical pulse 1C, 1s of spatial position portions of signal optical pulse 1D, 1t of spatial position portions of signal optical pulse 1E and spatial position partial 1 of signal optical pulse 1F u are started as output optical pulse 3Ap, 3Bq, 3Cr, 3Ds, 3Et, and 3Fu, respectively, and are processed or detected by the pixel to which the light-corpuscule child 40 corresponds.

[0067] (When carrying out incidence of the signal light to a reflected type optical switch perpendicularly) (A) and (B) are drawings seen from the direction which intersects perpendicularly mutually in the case where drawing 6 shows the operation form of further others of the optical distribution method of this invention, and optical distribution apparatus, and carries out incidence of the signal light to this perpendicularly using a reflected type optical switch, and incidence of the control light is carried out aslant.

[0068] Although the direction of a line of an optical switch 30 is made perpendicular to the travelling direction of the signal light 1 and an optical switch 30 is arranged on the optical path of the signal light 1 like the operation form of drawing 3 with this operation form While the optical switch 30 considers as a reflected type thing like the operation form of drawing 5 and carrying out incidence of the signal light 1 to the reflector side of an optical switch 30 through a one-way mirror 50 The travelling direction is leaned to the direction of a line of an optical switch 30, and incidence of the control light 2 is carried out to an optical switch 30 from the reflector side of an optical switch 30.

[0069] And in the position after the signal light 1 reflects by the optical switch 30 and reflects by the one-way mirror 50 further, the light-corpuscule child 40 is stationed so that each of that pixel may receive the reflected light of each spatial position portions 1u-1p of the signal light 1.

[0070] When it is made equal to the time interval of a signal optical pulse and signal optical pulse 1A reaches an optical switch 30, the difference of the attainment time to field Wu-Wp of control optical pulse 2a by the inclination to the optical switch 30 of the wave front which was able to extend the control light 2 Others including the point of synchronizing the control light 2 to the signal light 1 are the same as the operation form of drawing 3 so that control optical pulse 2a may arrive at the field Wu of an optical switch 30.

[0071] therefore, like the operation form of drawing 3 only by there being a difference between transparency and reflection Spatial position partial 1u of signal optical pulse 1A, 1t of spatial position portions of signal optical pulse 1B, 1s of spatial position portions of signal optical pulse 1C, spatial position [ of signal optical pulse 1D ] partial 1r, Spatial position partial 1q of signal optical pulse 1E and spatial position partial 1p of signal optical pulse 1F are started as output optical pulse 3Au, 3Bt, 3Cs, and 3Dr, 3Eq, and 3Fp, respectively, and are processed or detected by the pixel to which the light-corpuscule child 40 corresponds.

[0072] In addition, you may make it give an angle between the signal light 1 which carries out incidence to an optical switch 30, and the output light 3 reflected from an optical switch 30, as an alternate long and short dash line shows drawing 6 (B) without using a one-way mirror 50.

[0073] [Operation form in the case of using phase-conjugation light] Drawing 7 is the case where the operation form of further others of the optical distribution method of this invention and optical

distribution apparatus is shown, and phase-conjugation light is used.

[0074] As mentioned above, signal light needs to extend a wave front in the perpendicular direction of a field to travelling direction. However, since intensity is restricted by the input-proof of an optical waveguide, the signal light which transmits the inside of optical waveguides, such as an optical fiber, can seldom enlarge signal luminous intensity which the wave front was able to extend. Furthermore, in using a penetrated type or a reflected type optical switch like each operation form mentioned above, the output light obtained becomes weak by the optical loss in an optical switch.

[0075] Then, with the operation form of drawing 7, output luminous intensity is enlarged instead of an optical switch using the optical device which generates phase-conjugation light.

[0076] (Principle) Generating of phase-conjugation light is a phenomenon belonging to the 3rd nonlinear optical effect. A beam splitter 112 is made to penetrate the laser beam from a laser light source 111, as shown in drawing 9. Make it reflect by the beam splitter 113, and it is made to reflect by the mirror 114 further. On the whole surface of the phase-conjugation light generating device 90 which consists of a nonlinear optics medium which is mentioned later while carrying out incidence as an advance pump light  $E_f$ , and making it reflect by the mirror 115, and the phase-conjugation light generating device's 90, boiling the laser beam which penetrated the beam splitter 113 on the other hand and carrying out incidence as a go-astern pump light  $E_b$ . The laser beam reflected by the beam splitter 112 is reflected by the beam splitter 116, incidence is carried out to the whole surface of the phase-conjugation light generating device 90 as a probe light  $E_p$ , and a light sensitive cell 117 is arranged in the travelling direction of the probe light  $E_p$ , and the direction which counters.

[0077] Thus, while two pump light  $E_f$  and  $E_b$  with equal wavelength is made to counter the phase-conjugation light generating device 90 mutually and carries out incidence to it. If incidence of the probe light  $E_p$  of the same wavelength as the pump light  $E_f$  and  $E_b$  is carried out, only when the pump light  $E_f$  and  $E_b$  and the probe light  $E_p$  are irradiated From the phase-conjugation light generating device 90, the probe light  $E_p$  and the phase-conjugation light  $E_c$  which countered occur, and when it is drawing 9, the phase-conjugation light  $E_c$  is detected by the light sensitive cell 117 through a beam splitter 116.

[0078] The phase-conjugation light  $E_c$  is the time-reversal wave of the probe light  $E_p$ , and is the same wavelength as the probe light  $E_p$ . Moreover, the intensity of the probe light  $E_p$  and the phase-conjugation light  $E_c$  is smaller than the intensity of the pump light  $E_f$  and  $E_b$ .

[0079] However, the amplitude  $A_c$  of the phase-conjugation light  $E_c$  in the outgoing radiation side of the phase-conjugation light generating device 90 (0) is  $A_c(0) = k\alpha A_p$ , when it is proportional to a product with the constant  $\alpha$  decided by the nonlinear optics medium which constitutes the amplitude  $A_p$  of the pump light  $E_f$  and  $E_b$  in the plane of incidence of the phase-conjugation light generating device 90 (0), and the phase-conjugation light generating device 90 and the proportionality constant is set to  $k(0)$ . -- (1)

It comes out, and since it is expressed, intensity of the phase-conjugation light  $E_c$  can be made larger than the intensity of the probe light  $E_p$  by enlarging intensity of the pump light  $E_f$  and  $E_b$ .

[0080] Therefore, even if the probe luminous intensity which is the signal light which the wave front was able to extend by making into probe light signal light which replaced with the optical switch and was mentioned above using the phase-conjugation light generating device, and making control light into pump light is not large, while being able to enlarge output luminous intensity as a phase-conjugation light, the problem of the optical loss in an optical device like [ in the case of using an optical switch ] is avoidable.

[0081] Now, drawing 9 can be taken out only 50% of the phase-conjugation light  $E_c$  generated from the phase-conjugation light generating device 90 by the case where the phase-conjugation light  $E_c$  is taken out through a beam splitter (one-way mirror) 116.

[0082] On the other hand, as shown in drawing 10,  $1/2$  wavelength plate 118 is inserted in one optical path of the pump light  $E_f$  and  $E_b$ , for example, the optical path of the pump light  $E_b$ , and if incidence of the pump light  $E_f$  and  $E_b$  of the polarization which intersects perpendicularly mutually at the phase-conjugation light generating device 90 is carried out, the phase-conjugation light  $E_c$  generated from the phase-conjugation light generating device 90 will turn into polarization which intersected

perpendicularly to the probe light  $E_p$ .

[0083] Therefore, since the phase-conjugation light  $E_c$  which could use the polarization beam splitter 119 for the ejection of the phase-conjugation light  $E_c$ , and was generated from the phase-conjugation light generating device 90 can be taken out about 100% so that it may illustrate, output luminous intensity can be enlarged more.

[0084] In order to replace with an optical switch and to use a phase-conjugation light generating device, the nonlinear optics medium which generates phase-conjugation light and stops by the speed of response of 1 or less ps is needed. As a material the 3rd nonlinear optical effect indicates such a ultra high-speed response to be greatly, there is semiconductor particle distribution glass or metal particle distribution glass, a macromolecule organic thin film, an organic crystal thin film or an organic meeting object thin film, etc. Such material has the response time of 1 or less ps, and since large-area-izing is also easy, it can be enough used for them as a phase-conjugation light generating device. Moreover, also into a semiconductor material, there are some which show a ultra high-speed response like a semiconductor multiplex quantum well (MQW), and they can also be used.

[0085] (Operation form) Drawing 7 is the case where make the incidence of the signal light as a probe light carry out aslant to this, and incidence of the control light as a pump light is perpendicularly carried out using a phase-conjugation light generating device.

[0086] Although omitted drawing, in the case of drawing which transmitted the inside of optical waveguides, such as an optical fiber, the signal light of six channels obtains in time the signal light 1 which the wave front was able to extend in the perpendicular direction of a field to travelling direction and which consists of a train which are the signal optical pulses 1A-1F of each channel from multiplex signal light serially.

[0087] On the optical path of this signal light 1, the direction of a line is leaned to the travelling direction of the signal light 1, the line-like phase-conjugation light generating device 90 is arranged, and incidence is carried out to the phase-conjugation light generating device 90 over the predetermined width of face W through a polarization beam splitter 144 by making signal light 1 into the probe light  $E_p$ .

[0088] From the signal light which transmitted the inside of the above-mentioned optical waveguide, the control light 2 which the wave front was able to extend is formed in the perpendicular direction of a field to travelling direction like the signal light 1 which consists of one control optical pulse 2a per lot of the signal optical pulses 1A-1F and which synchronized with the signal light 1.

[0089] The travelling direction is made perpendicular to the direction of a line of the phase-conjugation light generating device 90 as a go-astern pump light  $E_b$ , and incidence of the control optical pulse 2a is carried out to the whole surface of the phase-conjugation light generating device 90 over the predetermined width of face W. Furthermore, 1/4 wavelength plate 135 and a mirror 136 are arranged on the optical path of control optical pulse 2a which penetrated the phase-conjugation light generating device 90. 1/4 wavelength plate 135 is made to penetrate control optical pulse 2a which penetrated the phase-conjugation light generating device 90. it reflects by the mirror 136 -- making -- further -- 1/4 wavelength plate 135 is made to penetrate again, the advance pump light  $E_f$  of the polarization which intersected perpendicularly to the go-astern pump light  $E_b$  is formed, over the predetermined width of face W, on the other hand, the phase-conjugation light generating device 90 boils the advance pump light  $E_f$ , and it carries out incidence

[0090] In this case, when one with control optical pulse 2a carries out incidence to the phase-conjugation light generating device 90 as an advance pump light  $E_f$  as the advance pump light  $E_f$  and the go-astern pump light  $E_b$  carry out incidence to the phase-conjugation light generating device 90 simultaneously namely, as incidence carried out in one with after that [ of control optical pulse 2a ] to the phase-conjugation light generating device 90 as a go-astern pump light  $E_b$ , the position of a mirror 136 is adjusted.

[0091] Although the phase-conjugation light generating device 90 is formed by nonlinear optics medium which was mentioned above, as shown in drawing which do not overlap mutually in the predetermined width of face W, it is desirable by preparing a shading layer alternatively in practice, so that it may

mention later to make it function as the phase-conjugation light generating section which six field Wp-Wu became independent of mutually in the case of  $N(\text{number of channels}) = 6$ . Each output optical pulse generated as a phase-conjugation light from the phase-conjugation light generating device 90 by this so that it may mention later does not have a spatial lap between adjoining output optical pulses.

[0092] Or you may arrange a filter without a spatial lap again between the output optical pulses which adjoin each output optical pulse on the optical path of the signal light 1, the control light 2, or the output light 3. Moreover, in order to raise wavelength-selection nature and an SN ratio if needed, you may prepare interference filters, such as a dielectric multilayer.

[0093] Only from Field Wu so that the output optical pulse corresponding to signal optical pulse 1B in the output optical pulse corresponding to signal optical pulse 1A may say only from Field Wt so that it may mention later The output optical pulse corresponding to the signal optical pulses 1A-1F so that it may dissociate spatially and may generate only from field Wu-Wp to which the phase-conjugation light generating device 90 corresponds Time width of face of control optical pulse 2a is made sufficiently shorter than the difference of the attainment time to field Wu-Wp by the difference in the optical path length to field Wu-Wp of the spatial position portion corresponding to field Wu-Wp of the direction of a wave front which was able to extend the signal light 1.

[0094] On the optical path of the output light 3 as a phase-conjugation light Ec of the probe light Ep which is the signal light 1 after it generated from the phase-conjugation light generating device 90 and being taken out by the polarization beam splitter 144, the light-corpuscle child 40 of the shape of the shape of a line which consists of photo detectors, such as an optical processing element or CCD arrays, such as a space optical modulator, and a photodetector array, and a one dimensional array is stationed.

[0095] In the method or equipment mentioned above, as shown in drawing 8 (A), the advance pump light Ef and the go-astern pump light Eb irradiate simultaneously each field Wp-Wu of the phase-conjugation light generating device 90, and change into the state which can be phase-conjugation light generated simultaneously. And when the signal optical pulses 1A-1F as a probe light Ep reach simultaneously field Wu-Wp to which the phase-conjugation light generating device 90 corresponds, respectively so that it may illustrate, the advance pump light Ef and the go-astern pump light Eb which are the control light 2 are synchronized to the signal light 1 as a probe light Ep so that the advance pump light Ef and the go-astern pump light Eb may reach each field Wp-Wu of the phase-conjugation light generating device 90.

[0096] Therefore, when the advance pump light Ef and the go-astern pump light Eb reach each field Wp-Wu of the phase-conjugation light generating device 90 As shown in drawing 8 (B), from Fields Wu, Wt, Ws, Wr, Wq, and Wp Output optical pulse 3Au [ corresponding to the spatial position portions 1u, 1t, 1s, 1r 1q, and 1p of the signal optical pulses 1A, 1B, 1C, 1D, 1E, and 1F ], 3Bt, 3Cs, and 3Dr, 3Eq, and 3Fp occur as a phase-conjugation light Ec, respectively.

[0097] And output optical pulse 3Au-3Fp as this phase-conjugation light Ec is processed or detected through a polarization beam splitter 144 by the pixel to which the light-corpuscle child 40 corresponds. Therefore, the signal optical pulses 1A-1F of each channel will be taken out as one-dimension parallel information.

[0098] While being able to enlarge intensity of the output light 3 as mentioned above since the output light 3 is obtained as a phase-conjugation light Ec of the probe light Ep which is the signal light 1, and with this operation gestalt Since the phase-conjugation light Ec turns into polarization which intersected perpendicularly to the probe light Ep, it can take out the output light 3 as the phase-conjugation light Ec by the polarization beam splitter 144, and can enlarge intensity of the output light 3 more.

[0099] (Example) Drawing 11 shows the example of the optical distribution method and the optical distribution apparatus which use phase-conjugation light as mentioned above. However, it is for an experiment.

[0100] The titanium sapphire laser 122 is excited by the output light of an argon laser 121, and the output light of the wavelength of 780nm, pulse period width-of-face 100fs, and 10ns of pulse period intervals (repeat frequency of 100MHz) is obtained from the titanium sapphire laser 122.

[0101] Make a beam splitter 123 penetrate and the output light of this titanium sapphire laser 122 is

multiplexed by the optical multiplexer 141. Pulse period width of face obtains the signal light which 100fs(es) and a pulse period interval become from the pulse train of 1ps (repeat frequency is 1THz) from the optical multiplexer 141. Make it reflect by the mirror 142, expand this signal light to about 5mmphi with a collimator / expander 143, a polarization beam splitter 144 is made to penetrate, and incidence is carried out to the phase-conjugation light generating device 90 at the angle of 45 degrees as a probe light Ep.

[0102] Moreover, while making it reflect by the beam splitter 123 and supplying the output light of the titanium sapphire laser 122 to amplifier 124, the YLF laser 125 is excited by the output light of the titanium sapphire laser 122, the output light of the YLF laser 125 is supplied to amplifier 124, and the control light of on-the-strength J/pulse of 80micro is obtained from amplifier 124.

[0103] And make it reflect one by one by mirrors 126 and 127,128,129,131, expand to about 5mmphi with a collimator / expander 132, it is made to condense in the shape of a line by the cylindrical lens 133 further, and incidence of the control light from this amplifier 124 is carried out as a go-astern pump light Eb at right angles to the whole surface of the phase-conjugation light generating device 90.

[0104] furthermore, the control light which penetrated the phase-conjugation light generating device 90 is reflected by the mirror 136 through 1/4 wavelength plate 135 through a cylindrical lens 134, again, through 1/4 wavelength plate 135, it is made to condense in the shape of a line by the cylindrical lens 134, and, on the other hand, the phase-conjugation light generating device 90 boils the reflected light as an advance pump light Ef, and it carries out incidence perpendicularly

[0105] the advance pump light Ef of the polarization which was alike on the other hand and intersected perpendicularly with the phase-conjugation light generating device 90 to the go-astern pump light Eb by this while the go-astern pump light Eb carried out incidence to the whole surface carries out incidence In this case, when the control optical pulse which exists from amplifier 124 carries out incidence to the phase-conjugation light generating device 90 as an advance pump light Ef, a control optical pulse with after that from amplifier 124 adjusts the position of mirrors 127,128 and 136 so that incidence may be carried out to the phase-conjugation light generating device 90 as a go-astern pump light Eb. Moreover, to the probe light Ep, the advance pump light Ef and the go-astern pump light Eb are synchronized, as mentioned above in drawing 7 and drawing 8.

[0106] Photograph NIKUSU glass was used as a phase-conjugation light generating device 90. In glass, this distributed Bi 2O3 which is a metal particle, and has the 3rd comparatively large nonlinear optics constant ( $9.3 \times 10^{-12}$ esu) and the response time of 200 or less fses. Thickness of photograph NIKUSU glass was set to 20 micrometers, and was made sufficiently small compared with the spatial distance interval of 30 micrometers equivalent to pulse period width-of-face 100fs of the pump light Ef and Eb which is the probe light Ep and control light which are signal light. Furthermore, the phase-conjugation light generating device 90 should attach the mask to photograph NIKUSU glass, and, on the other hand, should arrange the ten circular phase-conjugation light generating sections with a diameter of 100 micrometers in \*\* in the shape of a line.

[0107] And the phase-conjugation light Ec generated from the phase-conjugation light generating device 90 was taken out by the polarization beam splitter 144, and it observed by the CCD array 145 which arranged ten pixels in in the shape of a line to \*\* on the other hand.

[0108] Consequently, it was checked that ten optical outputs corresponding to the ten phase-conjugation light generating sections of the phase-conjugation light generating device 90 are observed, and the control light from amplifier 124 acts as false rumor RUCHIPU Rex of the signal light from the optical multiplexer 141 on the CCD array 145. And the intensity of the phase-conjugation light Ec as an output light is 100% or more of the probe light Ep which is signal light, and it was checked that there is no optical loss accompanying false rumor RUCHIPU Rex.

[0109] In this experiment, on the relation of the light source, although light with a wavelength of 780nm was used, since absorption is not shown to 1.55-micrometer band, the photograph NIKUSU glass used for the experiment can be similarly used with 1.55-micrometer band mainly used by optical communication.

[0110] [The operation gestalt of an optical switch]

(Operation gestalt of a penetrated type optical switch) Drawing 12 is used as an optical switch of the optical distribution method as shown in drawing 1 or drawing 3, or optical distribution apparatus, and shows 1 operation gestalt of a suitable penetrated type optical switch.

[0111] This optical switch forms the functional thin film 32 which shows saturable absorption to FEMUTO second order on the quartz substrate 31, forms the shading layer 33 by the vacuum evaporation of aluminum, and etching on the functional thin film 32 at a predetermined pattern, and operates mutually the portion 34 which is not covered in the shading layer 33 of the functional thin film 32 as two or more independent optical shutter sections.

[0112] The signal light 1 is the thing of repeat frequency 1THz (pulse period interval 1ps) and pulse period width-of-face 100fs which consists of a train of the signal optical pulse of 100 channels. In drawing of this signal light 1, a number 1 and the signal optical pulse of 100 channels shown by 2....99,100 by the repeat frequency of 10GHz (pulse period interval 100ps), and the control light 2 of pulse period width-of-face 100fs This penetrated type optical switch was made as an experiment supposing the case where it dissociates parallel.

[0113] On the other hand, 100 circular things with a diameter of 100 micrometers were arranged in the shape of a line in the 424-micrometer pitch at \*\*, and it formed so that the optical shutter section 34 might correspond to the wave front of a 100 signal optical pulse, since the spatial distance interval of a signal optical pulse was 300 micrometers as when leaning 45 degrees of optical switches to the signal light 1 and carrying out incidence of the control light 2 at right angles to an optical switch. The overall length of an optical switch is a little more than 4.2cm.

[0114] The actually performed manufacture method is shown. the quartz substrate 31 -- a concentrated sulfuric acid -- one whole day and night -- after being immersed and a stream -- it washed and what was further cleaned ultrasonically in ultrapure water was used As a functional thin film 32, AlPo-F (fluoro-aluminum phthalocyanine) which is an organic material was used in consideration of large-area-izing.

[0115] AlPo-F shows absorption to the wavelength of 600-800nm, and produces 45% of absorption change in the incident light of power density  $5 \times 10^9$  W/cm<sup>2</sup>. The absorption recovery times are 550fs(es) and have function sufficient as an optical switch used for the optical distribution method or the optical distribution apparatus of this invention.

[0116] On the quartz substrate 31, vacuum deposition of this AlPo-F was carried out by 10<sup>-6</sup>Torr 150 degrees, and the functional thin film 32 of 0.8-micrometer \*\* was formed. On this functional thin film 32, the vacuum evaporation of the aluminum was carried out to 500nm \*\* by 10<sup>-6</sup>Torr, the usual etching using the hydrochloric acid was performed, the shading layer 33 was formed in the predetermined pattern, and the optical shutter section 34 was formed in above-mentioned size and 100 above-mentioned pitches.

[0117] As a functional thin film 32, coloring matter meeting objects, such as pi conjugated-system macromolecules, such as the poly diacetylene and the poly thiophene, and square RIRIUMU, C60 thin film, etc. can be used in addition to AlPo-F.

[0118] Moreover, since the shading layer 33 should just prevent transparency of light, it may not reflect light like aluminum and may fully absorb light. Furthermore, when preparing a translucency substrate like the quartz substrate 31, you may form the shading layer 33 not on the functional thin film 32 but on the field in which the functional thin film 32 of the translucency substrate is formed, and the field of an opposite side. Moreover, as for a translucency substrate, it is also good to form the shading layer 33 in the whole surface of the base layer which there may not be and consists of high-performance material, such as AlPo-F.

[0119] (Example in the case of using a penetrated type optical switch) Drawing 13 shows the example of the optical distribution method using the penetrated type optical switch mentioned above, and optical distribution apparatus. However, it is for an experiment.

[0120] The wavelength of 620nm from pulse period width-of-face 100fs and OPO (optical parametric oscillator) 61 with an oscillation frequency of 82MHz and the output light 5 of pulse period width-of-face 100fs are divided, and a part extends a wave front in the perpendicular direction of a field to travelling direction with optical system 20 as a signal light 1 of repeat frequency 1THz (pulse period

interval 1ps) and pulse period width-of-face 100fs, and it is made it to carry out incidence to an optical switch 30 by the optical multiplexer 62.

[0121] As shown in drawing 12, an optical switch 30 is the penetrated type thing which, on the other hand, arranged in the shape of a line to \*\* the 100 optical shutter sections 34 which consist of AlPo-F, leans the 45 degrees of the direction of a line to the travelling direction of the signal light 1, and arranges it on the optical path of the signal light 1.

[0122] You delay the remainder of the output light 5 by the optical delay means 63, it makes it condense in the shape of a line by the cylindrical lens 64 as a control light 2, and carries out incidence at right angles to an optical switch 30. The optical intensity of the output light 5 is 500microJ, and optical power sufficient as a control light was obtained by making this condense by the cylindrical lens 64.

[0123] The photodetector array 41 which arranged 100 pixels in \*\* in the shape of a line on the other hand ahead of the optical switch 30 is allotted, and each of the pixel is made to correspond to each optical shutter section of an optical switch 30. As a photodetector array 41, since a 10GHz speed of response was required, the ultra high-speed photodiode which consists of GaAs was used.

[0124] And the output signal 7 of OPO61 was delayed by the delay circuit 67, and was supplied to the lock-in amplifier 68 as a trigger signal, the output signal 8 of the photodetector array 41 was supplied to the lock-in amplifier 68, the lock-in amplifier 68 detected the change component of the output signal 8 of the photodetector array 41, and the detection output was measured by computer 70.

[0125] Consequently, only when the irradiation timing to the optical switch 30 of the signal light 1 and the control light 2 was doubled, voltage variation was simultaneously observed by the output signal of 100 pixels of the photodetector array 41. Absorption of the functional thin film 32 which consists of AlPo-F by the control light 2 in the optical shutter section 34 shown in drawing 12 of an optical switch 30 decreases, transmitted light intensity increases, and this is considered because it appeared as voltage variation in the output signal the increment of whose is 100 pixels of the photodetector array 41.

[0126] It checked that false rumor RUCHIPU Rex of the signal light 1 of 1THz from the optical multiplexer 62 could be carried out to the 10GHz output light of 100 channels, respectively by repeating above-mentioned detection and measurement, and carrying out the monitor of the output signal 8 of the photodetector array 41 corresponding to the output signal 7 of OPO61.

[0127] As mentioned above, in optical communication, the signal light of 1.55-micrometer band is mainly used. Then, the same experiment as the above was conducted on 1.55-micrometer band using a nearer signal light.

[0128] Drawing 14 shows this case and changes the wavelength of 1.55 micrometers from OPO61, and the output light 5 of pulse period width-of-face 100fs into the wavelength of 775nm, and the output light 6 of pulse period width-of-face 100fs by the wavelength sensing element 65. Wavelength can be changed without changing pulse period width of face in this way by extracting the secondary higher harmonic of the output light 5.

[0129] Thus, wavelength is changed into 775nm because AlPo-F which forms the functional thin film 32 shown in drawing 12 of an optical switch 30 shows absorption to 600-800nm as mentioned above. If compared with 620nm in the case of drawing 13, although efficiency falls, it can operate as an optical switch at least 775nm.

[0130] From the output light 6 with a wavelength [ from this wavelength sensing element 65 ] of 775nm, the signal light 1 and the control light 2 were generated, and the same experiment as the case of drawing 8 was conducted. Consequently, it checked that false rumor RUCHIPU Rex of the signal light 1 of 1THz from the optical multiplexer 62 could be carried out to the 10GHz output light of 100 channels, respectively.

[0131] In addition, in the case of drawing 13 or drawing 14, it is not necessary to necessarily arrange the photodetector array 41 immediately ahead of an optical switch 30. If the breadth of the diffracted light after penetrating the optical shutter section 34 shown in drawing 12 is calculated according to the wavelength  $\lambda$  of angle-of-divergence  $\theta$  and the transmitted light, path [ of the transparency section ]  $\omega$  and the formula between the refractive indexes  $n$  of the transparency section, and  $\theta = \lambda / \pi \omega$ , in the case of  $\lambda = 620\text{nm}$  and  $\omega = 100\text{ micrometers}$  of  $\omega$ ,  $\theta$  will

become 0.1 degrees or less and it will become very small. Therefore, a certain optical device is inserted between an optical switch 30 and the photodetector array 41, and it may be made to process transmission-diffraction light if needed.

[0132] (Operation gestalt of a reflected type optical switch) Drawing 15 is used as an optical switch of the optical distribution method as shown in drawing 5 or drawing 6, or optical distribution apparatus, and shows 1 operation gestalt of a suitable reflected type optical switch.

[0133] This optical switch forms mutually the reflecting layer 36 from which a refractive index changes by whether control light is irradiated, and the reflection factor by interference reflection changes as two or more independent effective switch sections on a silicon substrate 35.

[0134] The signal light 1 is the thing of repeat frequency 1THz (pulse period interval 1ps) and pulse period width-of-face 100fs which consists of a train of the signal optical pulse of 100 channels. In drawing of this signal light 1, a number 1 and the signal optical pulse of 100 channels shown by 2....100 by the repeat frequency of 10GHz (pulse period interval 100ps), and the control light 2 of pulse period width-of-face 100fs This reflected type optical switch was made as an experiment supposing the case where it dissociates parallel.

[0135] On the other hand, 100 circular things with a diameter of 100 micrometers were arranged in the shape of a line in the 424-micrometer pitch at \*\*, and it formed so that a reflecting layer 36 might correspond to the wave front of a 100 signal optical pulse, since the spatial distance interval of a signal optical pulse was 300 micrometers as when leaning 45 degrees of optical switches to the signal light 1 and carrying out incidence of the control light 2 at right angles to an optical switch. The overall length of an optical switch is a little more than 4.2cm.

[0136] As a reflecting layer 36, MQW (multiplex quantum well) of low-temperature growth Be dope distorted InGaAs/InAlAs was used. To the wavelength of 1.535 micrometers, and the incident light of optical on-the-strength 10pJ, this MQW answers on operating-time 250fs and the repeat frequency of 20GHz, and has function sufficient as an optical switch used for the optical distribution method or the optical distribution apparatus of this invention.

[0137] However, other materials can also be used as a reflecting layer 36. Moreover, if a reflection factor is fully a low thing [ as a substrate / not only / the silicon substrate 35 /, but / the reflecting layer 36 ], the thing of other materials can be used.

[0138] (Example in the case of using a reflected type optical switch) Drawing 16 shows the example of the optical distribution method using the reflected type optical switch mentioned above, and optical distribution apparatus. However, it is for an experiment like drawing 13 and drawing 14.

[0139] Since above MQW which forms the reflecting layer 36 shown in drawing 15 of an optical switch 30 can operate enough to 1.55-micrometer band mainly used by optical communication, in this case The wavelength of 1.55 micrometers from OPO61 (pulse period width-of-face 100fs, oscillation frequency of 82MHz), and the output light 5 of pulse period width-of-face 100fs as it is by the optical multiplexer 62 A wave front is extended in the perpendicular direction of a field to travelling direction with optical system 20 as a signal light 1 of repeat frequency 1THz (pulse period interval 1ps) and pulse period width-of-face 100fs, and incidence is carried out to an optical switch 30.

[0140] As shown in drawing 15, an optical switch 30 is the reflected type thing which, on the other hand, arranged in in the shape of a line to \*\* 100 reflecting layers 36 which consist of above MQW, leans the 45 degrees of the direction of a line to the travelling direction of the signal light 1, and arranges it on the optical path of the signal light 1.

[0141] You delay the output light 5 by the optical delay means 63, it makes it condense in the shape of a line by the cylindrical lens 64 as a control light 2 again, and carries out incidence at right angles to an optical switch 30.

[0142] 45 degrees is leaned to a reflective position from the optical switch 30 of the signal light 1 to an optical switch 30, the photodetector array 41 which arranged 100 pixels in in the shape of a line to \*\* on the other hand is allotted, and each of the pixel is made to correspond to each reflecting layer of an optical switch 30. As a photodetector array 41, the ultra high-speed photodiode which consists of GaAs was used like the case of drawing 13 and drawing 14.

[0143] And like the case of drawing 13 and drawing 14, the output signal 7 of OPO61 was delayed by the delay circuit 67, and was supplied to the lock-in amplifier 68 as a trigger signal, the output signal 8 of the photodetector array 41 was supplied to the lock-in amplifier 68, the lock-in amplifier 68 detected the change component of the output signal 8 of the photodetector array 41, and the detection output was measured by computer 70.

[0144] Consequently, only when the irradiation timing to the optical switch 30 of the signal light 1 and the control light 2 was doubled, voltage variation was simultaneously observed by the output signal of 100 pixels of the photodetector array 41. The refractive index of a reflecting layer 36 which consists of above MQW shown in drawing 15 of an optical switch 30 by the control light 2 changes, buffer conditions collapse, the reflected light intensity from a reflecting layer 36 increases, and this is considered because it appeared as voltage variation in the output signal the increment of whose is 100 pixels of the photodetector array 41.

[0145] It checked that false rumor RUCHIPU Rex of the signal light 1 of 1THz from the optical multiplexer 62 could be carried out to the 10GHz output light of 100 channels, respectively by repeating above-mentioned detection and measurement, and carrying out the monitor of the output signal 8 of the photodetector array 41 corresponding to the output signal 7 of OPO61.

[0146] [Operation form in the case of changing into two-dimensional parallel signal light] This invention can be applied when changing serial signal light into a two-dimensional parallel signal light spatially.

[0147] in this case -- for example, although it allotted so that it might have [ as opposed to / the signal light 1 or the control light 2 / as a two-dimensional thing which \*\* and this are intersected on the other hand in an optical switch 30 as it is shown in drawing 17, if it is the case where an optical switch is used and also has predetermined broadening in a direction, respectively ] an inclination in the biaxial direction, and omitted drawing, control light / of another side / or signal light carries out incidence at right angles to an optical switch 30

[0148] Drawing 18 is the case where 1 operation form of the optical distribution method in this case and optical distribution apparatus is shown, make the incidence of the signal light carry out aslant to this using a penetrated type optical switch, and incidence of the control light is carried out perpendicularly.

[0149] The signal light 1 to which incidence of signal light 1' which transmitted the inside of the optical waveguides 10, such as an optical fiber, was carried out to the optical system 20 constituted combining the lens, and the wave front was able to extend it in the perpendicular direction of a field to travelling direction as an outgoing radiation light of optical system 20 and which consists of a train of the signal optical pulse of each channel is obtained.

[0150] on the optical path of this signal light 1, it has an inclination for the optical switch 30 which \*\* and this are intersected on the other hand, and also has predetermined broadening in a direction, respectively in the biaxial direction to the signal light 1 -- as -- arranging -- the signal light 1 -- an optical switch 30 -- the -- on the other hand -- \*\* and the other directions -- incidence is carried out over predetermined width of face, respectively

[0151] An absorption coefficient changes by whether the control light 2 is irradiated like it which showed drawing 1 or drawing 3 in one dimension, and the relaxation time forms an optical switch 30 by short nonlinear optics material, and it makes the signal light 1 penetrate with the permeability beyond a predetermined value as a transparency state only at the moment of the control light 2 being irradiated.

[0152] From signal light 1', it is [ the ] the number of channels (in the case of drawing). Consist of one control optical pulse per signal optical pulse of a  $4 \times 4 = 16$  part. the signal light 1 and the control light 2 which the wave front was able to extend in the perpendicular direction of a field to travelling direction similarly which synchronized with the signal light 1 -- forming -- the control light 2 -- an optical switch 30 -- perpendicular -- an optical switch 30 -- on the other hand -- \*\* and the other directions -- incidence is carried out over predetermined width of face, respectively

[0153] Time width of face (pulse width) of the control light 2 is made sufficiently shorter than the difference of the attainment time to each field of an optical switch 30 by the difference in the optical path length to each field of an optical switch 30 of each spatial position portion corresponding to each

field of an optical switch 30 of the direction of a wave front which was able to extend the signal light 1 so that it may dissociate spatially and each signal optical pulse may be started also in this case only from the field where an optical switch 30 corresponds.

[0154] On the optical path of the signal light 1 by the side of the front, the light-corpuscule child 40 is stationed from an optical switch 30. The light-corpuscule child 40 makes each spatial position portion into which it was photo detectors, such as an optical processing element or CCD arrays, such as a space optical modulator, and a photodetector array, and each pixel 42 should moreover be arranged in the shape of a two dimensional array, and the signal light 1 mentioned each of that pixel 42 above correspond.

[0155] In the method or equipment mentioned above, a control optical pulse irradiates each field of an optical switch 30 simultaneously, and changes into a transparency state simultaneously. And when the signal optical pulse for several channel minutes arrives at the field to which an optical switch 30 corresponds simultaneously while defining the inclination of the biaxial direction to the signal light 1 of an optical switch 30 as the signal optical pulse for several channel minutes arrives at the field to which an optical switch 30 corresponds simultaneously, the control light 2 is synchronized to the signal light 1 so that a control optical pulse may arrive at each field of an optical switch 30.

[0156] Therefore, when a control optical pulse arrives at each field of an optical switch 30, a mutually different spatial position portion of the signal optical pulse for several channel minutes penetrates the field where an optical switch 30 corresponds, respectively, is started as output optical pulse 3a, respectively, and is processed or detected by the pixel to which the light-corpuscule child 40 corresponds. Therefore, the signal optical pulse of each channel will be taken out as two-dimensional parallel information.

[0157] Also in this case, as for each output optical pulse 3a, it is desirable not to produce a spatial lap between adjoining output optical pulses. Therefore, it is desirable to arrange the filter 80 which has the transparency pixel 81 which separates an output optical pulse as shown in drawing 19 separately on the optical path of the signal light 1 or the control light 2. Or it is mutually good again also as a thing which put the independent optical shutter section 34 in order in \*\* and the other directions two-dimensional, and formed it in them on the other hand that the optical switch 30 was shown in drawing 12.

[0158] With the method or equipment mentioned above, each pixel 42 of the light-corpuscule child 40 just processes or detects a corresponding output optical pulse for every time several times the channel of the time interval of a signal optical pulse of this. Therefore, the bit rate of the signal light 1 is 1 Tbit/s, a pulse period interval is 1ps, for example, when the signal light 1 multiplexes serially the two-dimensional image information about 100x100 pixels in time, each pixel 42 of the light-corpuscule child 40 just answers for every  $1\text{ps} \times 100 \times 100 = 10\text{ns}$  time. Furthermore, when the signal light 1 multiplexes the two-dimensional image information about 1000x1000 pixels, the response time of each pixel 42 is good in 1 microsecond. Therefore, as a light-corpuscule child 40, photo detectors considered now, such as an optical processing element and two-dimensional CCD arrays, such as a two-dimensional space optical modulator using liquid crystal etc., and a two-dimensional photodetector array, can be used.

[0159] Furthermore, several cm angle is sufficient as an optical switch 30, and it has implementability sufficient as a device so that clearly [ the bit rate of the signal light 1 is 1 Tbit/s, and a pulse period interval is 1ps, for example, ] from the place which showed with the operation form of drawing 1 and was shown by the penetrated type optical switch of drawing 12, even when changing the signal light 1 into the two-dimensional parallel signal light of 100x100 channels.

[0160] as mentioned above, direct in the serial signal light of a high bit rate, such as 1 or more Tbit/s, according to the operation form mentioned above -- and it is spatially convertible for the parallel signal light of two-dimensional many channels easily

[0161] Contrary to drawing 18, an optical switch 30 may be arranged so that it may have an inclination in the biaxial direction to control light, incidence of the control light may be carried out to an optical switch 30, and incidence of the signal light may be carried out at right angles to an optical switch 30. In this case, since a control optical pulse irradiates each field of an optical switch 30 one by one and changes into a transparency state one by one When a signal optical pulse reaches an optical switch 30,

so that a control optical pulse may arrive at the field corresponding to the signal optical pulse of an optical switch 30. That what is necessary is to define the inclination of the biaxial direction to the control light of an optical switch 30, and just to synchronize control light to signal light, by this, when each signal optical pulse reaches an optical switch 30 one by one. The spatial position portion corresponding to the signal optical pulse of the signal optical pulse penetrates the field corresponding to the signal optical pulse of an optical switch 30, and comes to be started as an output optical pulse.

[0162] Moreover, even if it uses an optical switch as a reflected type, serial signal light is spatially convertible for a two-dimensional parallel signal light like the case where it is made the penetrated type mentioned above.

[0163] Also in this case, it is desirable to consider as the thing which put the independent reflecting layer 36 in order in \*\* and the other directions two-dimensional, and formed it in them on the other hand that arranges the filter 80 as shown on the optical path of signal light or control light at drawing 19, or the optical switch was shown in drawing 15, mutually so that each output optical pulse may not produce a spatial lap between adjoining output optical pulses.

[0164] Furthermore, as well as the case where an optical switch is used when using the optical device which generates phase-conjugation light using phase-conjugation light, serial signal light can be spatially changed into a two-dimensional parallel signal light.

[0165] In this case drawing 7 or <A HREF="/Tokujitu/tjitemdrw.ipdl?N0000=239&N0500=1E\_N/;>>?>:??>///&N0001=520&N0552=9&N0553=000013 -- " -- By using a mirror like the case where it changes into a 1-dimensional parallel signal light as shown in TARGET="tjitemdrw"> drawing 11. By being able to form advance pump light and go-astern pump light, and arranging 1/4 wavelength plate between a phase-conjugation light generating device and a mirror further. The polarization direction of advance pump light and go-astern pump light can be made to be able to intersect perpendicularly, and let phase-conjugation light as an output light be the thing of the polarization which intersected perpendicularly to the probe light which is signal light.

[0166]

[Effect of the Invention] direct in the serial signal light of a high bit rate, such as 1 or more Tbit/s, according to the optical distribution method of a claim 1, or the optical distribution apparatus of a claim 19, as mentioned above -- and it is spatially convertible for the parallel signal light of 1-dimensional many channels easily.

[0167] direct in the serial signal light of a high bit rate, such as 1 or more Tbit/s, according to the optical distribution method of a claim 2, or the optical distribution apparatus of a claim 20 -- and it is spatially convertible for the parallel signal light of two-dimensional many channels easily.

[0168] Moreover, according to the optical distribution method of a claim 8, or the optical distribution apparatus of a claim 26, output luminous intensity can be enlarged, and according to the optical distribution method of a claim 10, or the optical distribution apparatus of a claim 28, output luminous intensity can be enlarged further more.

[0169] Moreover, the optical switch of claims 37 or 38 or the optical device of a claim 39 uses and is suitable for the above-mentioned optical distribution method or above-mentioned optical distribution apparatus.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing 1 operation gestalt of the optical distribution method of this invention, and optical distribution apparatus.

[Drawing 2] It is drawing with which the method of drawing 1 or explanation of equipment is presented.

[Drawing 3] It is drawing showing other operation gestalten of the optical distribution method of this invention, and optical distribution apparatus.

[Drawing 4] It is drawing with which the method of drawing 3 or explanation of equipment is presented.

[Drawing 5] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the optical distribution method of this invention, and optical distribution apparatus.

[Drawing 6] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the optical distribution method of this invention, and optical distribution apparatus.

[Drawing 7] It is drawing showing the operation gestalt of further others of the optical distribution method of this invention, and optical distribution apparatus.

[Drawing 8] It is drawing with which the method of drawing 7 or explanation of equipment is presented.

[Drawing 9] It is drawing showing the optical system made to generate phase-conjugation light.

[Drawing 10] It is drawing showing the optical system made to generate the phase-conjugation light of the polarization which intersected perpendicularly to probe light.

[Drawing 11] It is drawing showing the optical distribution method and the optical distribution apparatus which were used for the experiment in the case of using phase-conjugation light.

[Drawing 12] It is drawing showing 1 operation gestalt of the penetrated type optical switch of this invention.

[Drawing 13] It is drawing showing the optical distribution method and the optical distribution apparatus which were used for the experiment in the case of using a penetrated type optical switch.

[Drawing 14] It is drawing showing the optical distribution method and the optical distribution apparatus which were used for the experiment in the case of using a penetrated type optical switch.

[Drawing 15] It is drawing showing 1 operation gestalt of the reflected type optical switch of this invention.

[Drawing 16] It is drawing showing the optical distribution method and the optical distribution apparatus which were used for the experiment in the case of using a reflected type optical switch.

[Drawing 17] It is drawing showing the principle in the case of changing into two-dimensional parallel signal light.

[Drawing 18] It is drawing showing 1 operation gestalt of the optical distribution method in the case of changing into two-dimensional parallel signal light, and optical distribution apparatus.

[Drawing 19] It is drawing in which using for the method or equipment of drawing 18 , and showing a suitable filter.

## [Description of Notations]

1 [ -- Spatial position portion, ] -- Signal light, 1A-1F -- A signal optical pulse, 1p-1u 2 [ -- Output light, 3Ap-3Fu, 3Au-3Fp, 3a / -- Output optical pulse, ] -- Control light, 2a -- A control optical pulse, 3 Ep [ -- Go-astern pump light, Ec / -- Phase-conjugation light, ] -- Probe light, Ef -- Advance pump light, Eb 10 [ -- An optical switch, Wp-Wu / -- Field, ] -- An optical waveguide, 20 -- Optical system, 30 32 [ -- Optical shutter section, ] -- A functional thin film (base layer), 33 -- A shading layer, 34 35 [ -- A light-corpuscle child (an optical processing element, photo detector), 80 / -- A filter, 90 / -- A phase-conjugation light generating device, 135 / -- 1/4 wavelength plate, 136 / -- A mirror, 144 / -- Polarization beam splitter ] -- A silicon substrate (substrate), 36 -- A reflecting layer (effective switch section), 40

---

[Translation done.]

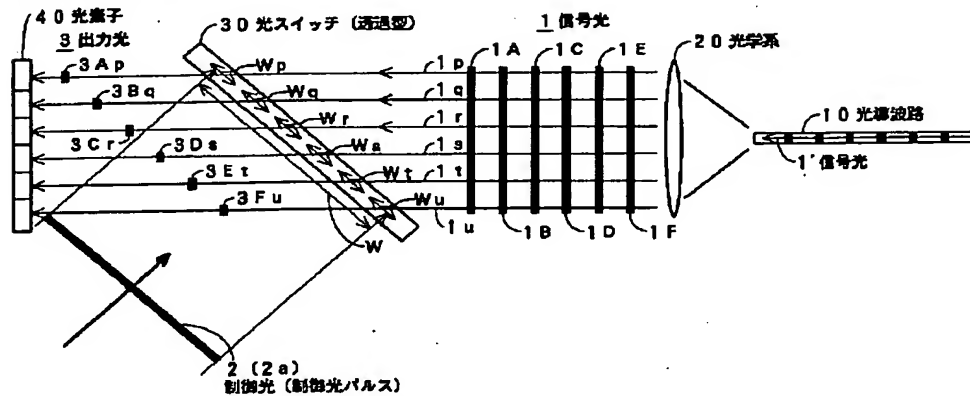
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

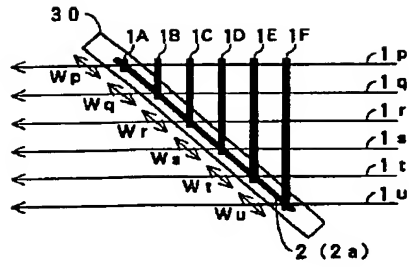
## DRAWINGS

[Drawing 1]

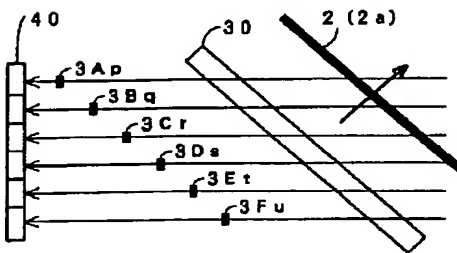


[Drawing 2]

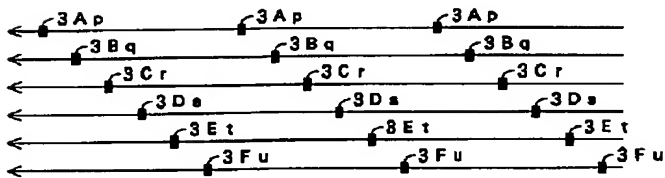
(A)



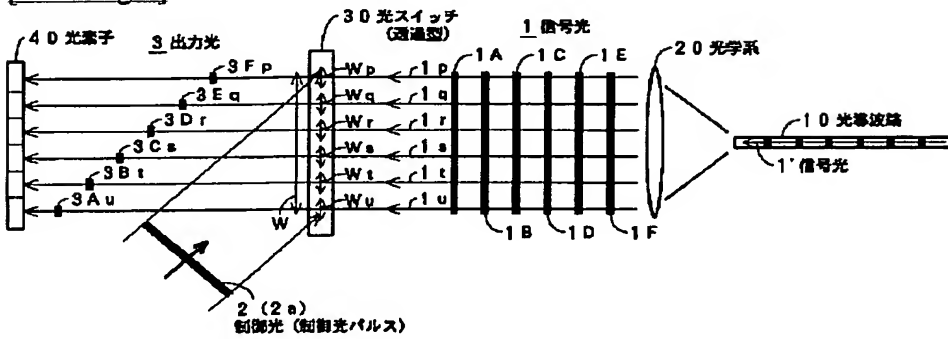
(B)



(C)

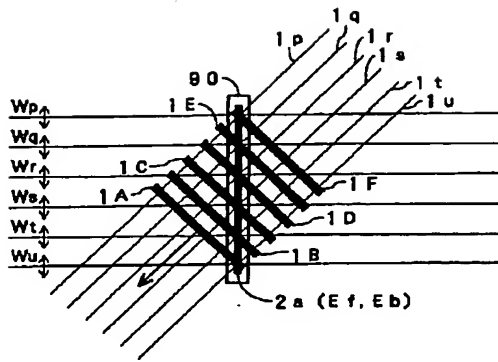


[Drawing 3]

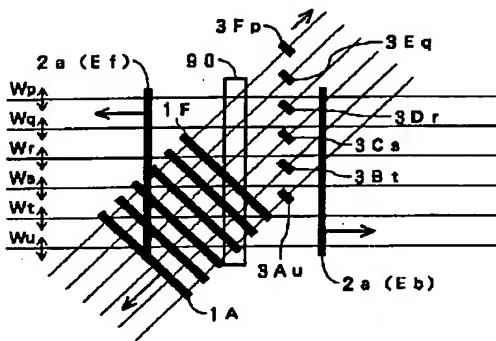


[Drawing 8]

(A)

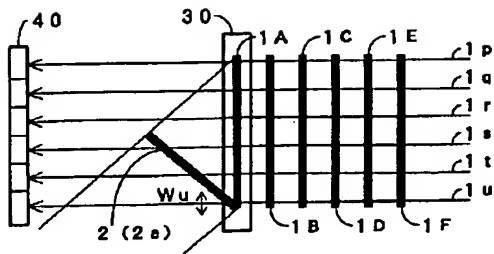


(B)

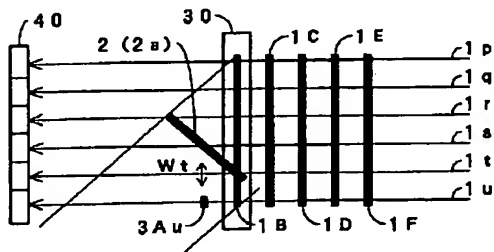


[Drawing 4]

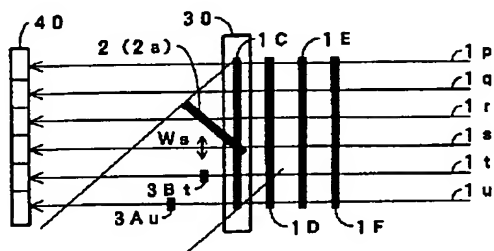
(A)



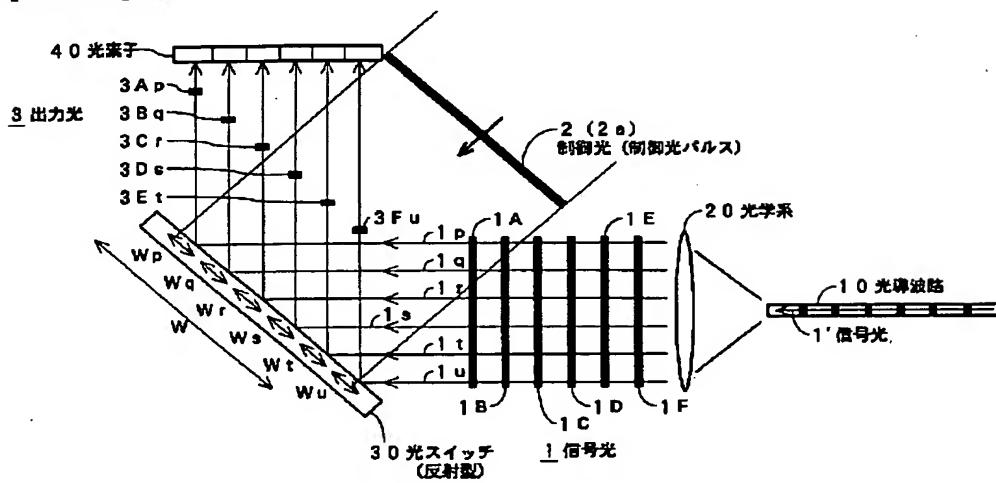
(B)



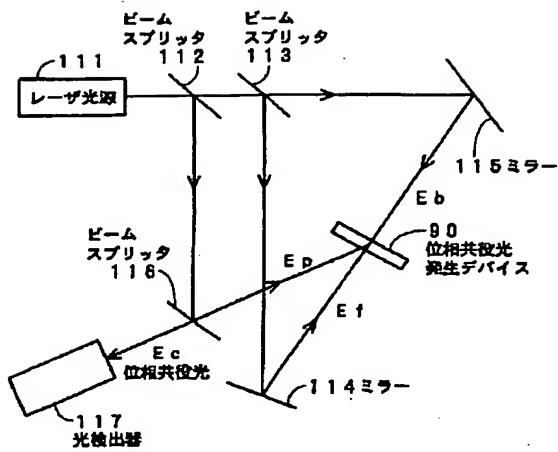
(C)



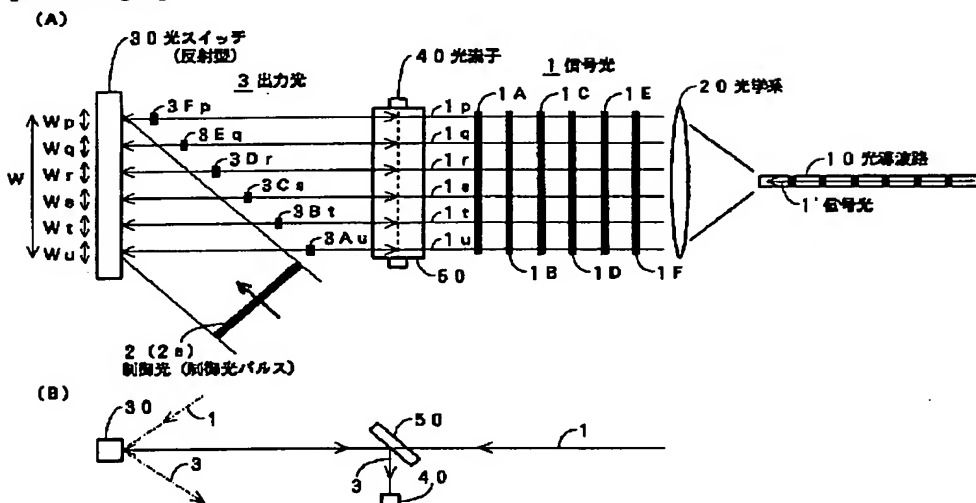
[Drawing 5]



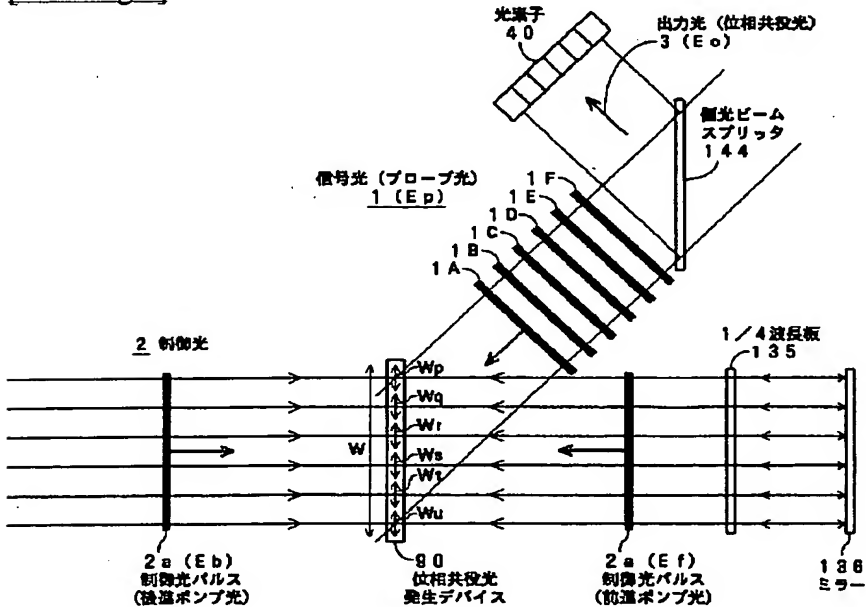
[Drawing 9]



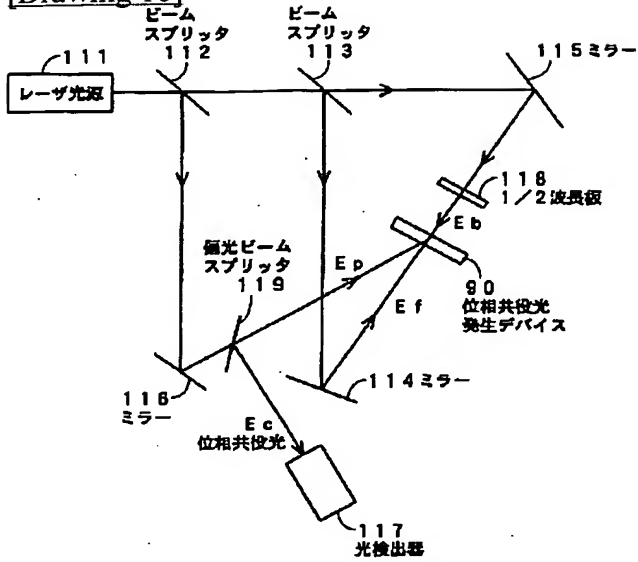
[Drawing 6]



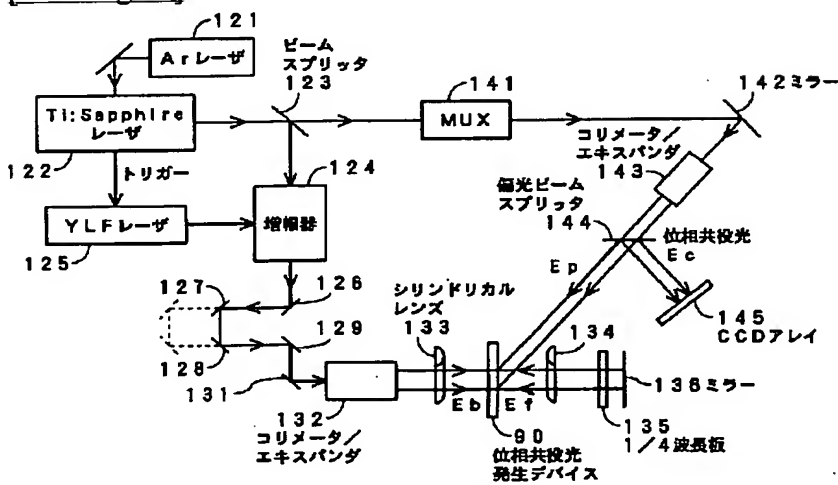
[Drawing 7]



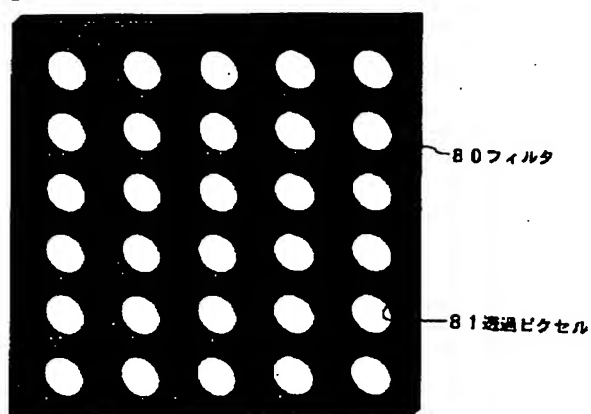
[Drawing 10]



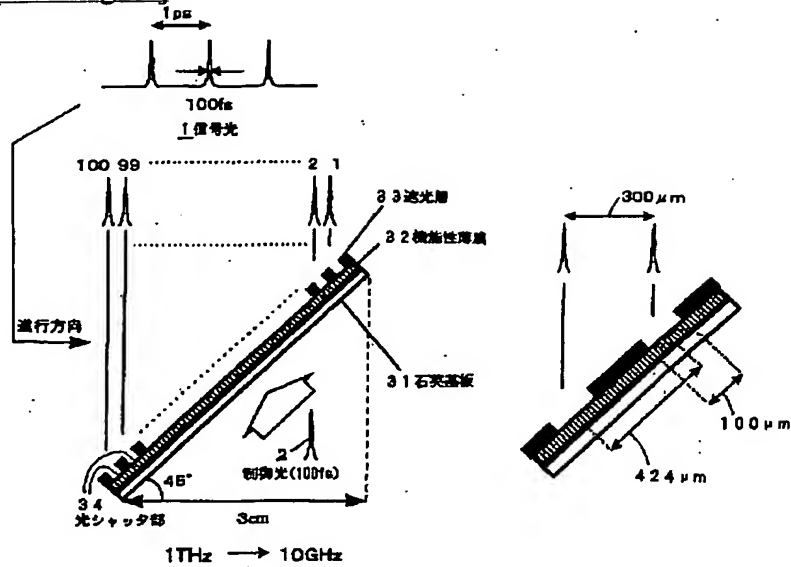
[Drawing 11]



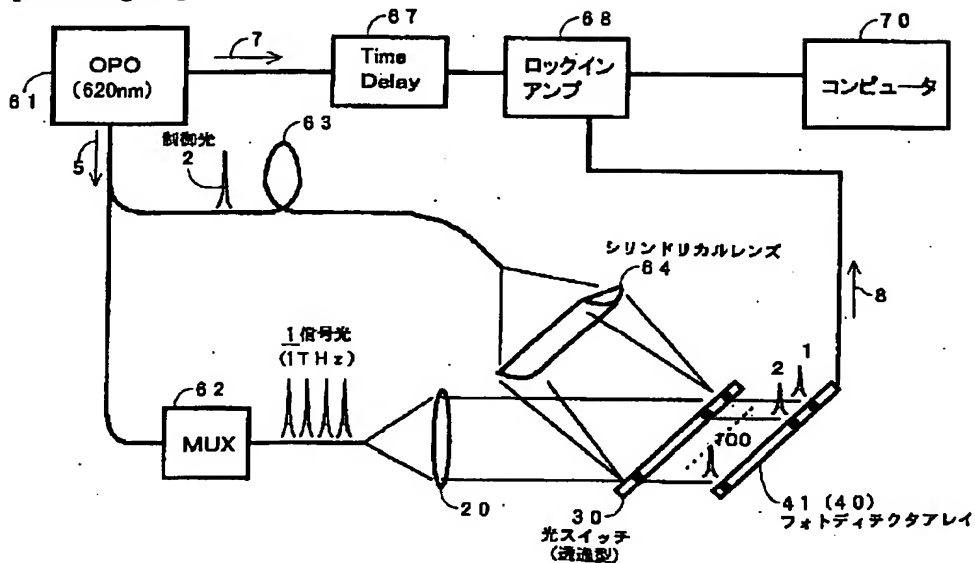
[Drawing 19]



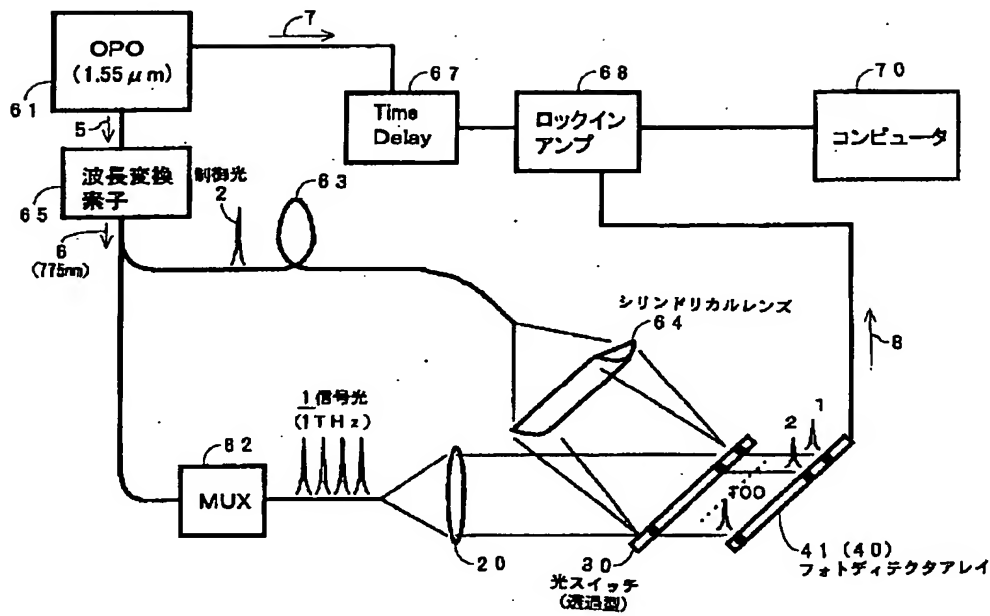
[Drawing 12]



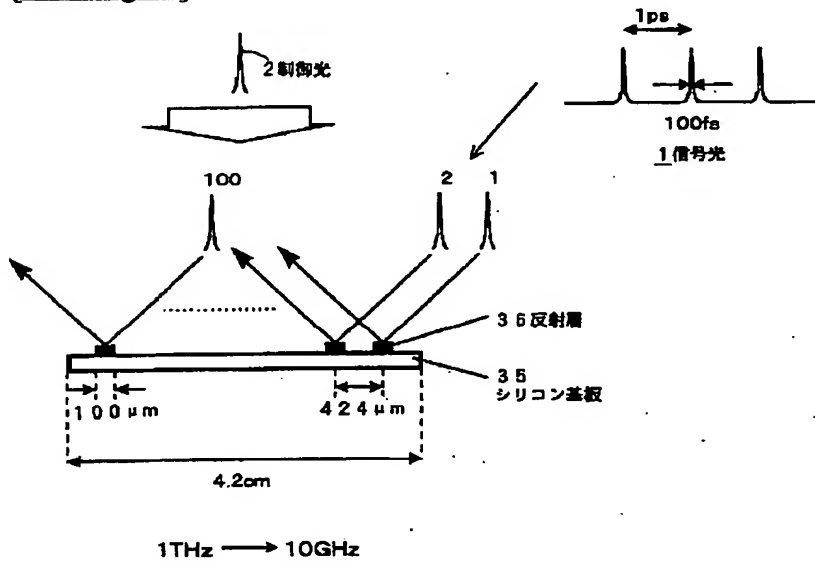
[Drawing 13]



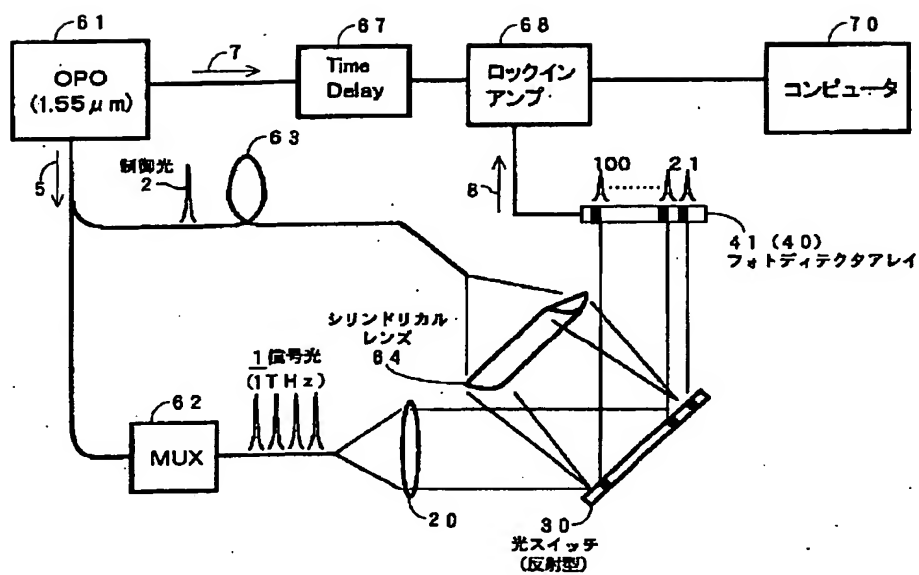
[Drawing 14]



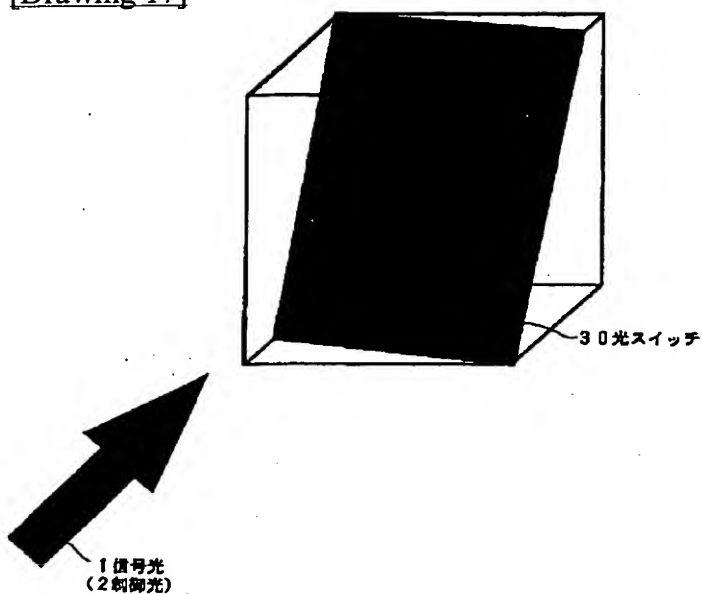
[Drawing 15]



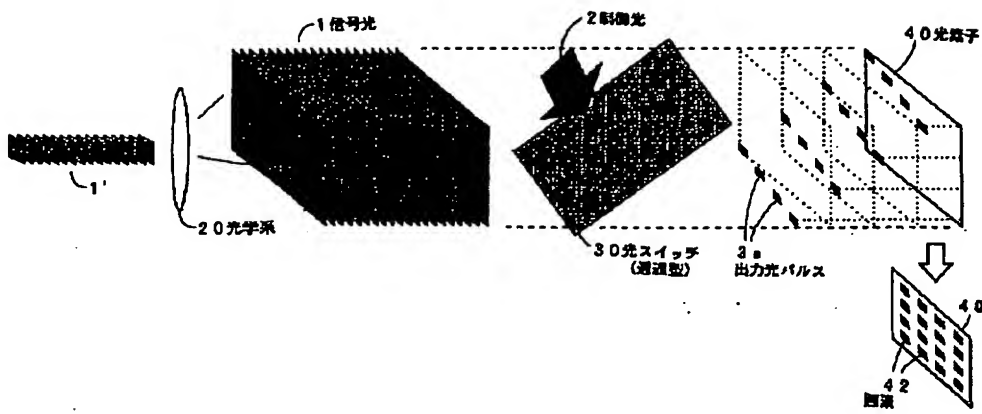
[Drawing 16]



[Drawing 17]



[Drawing 18]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-15031

(43)公開日 平成11年(1999) 1月22日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>  
G 0 2 F 1/35  
H 0 4 J 14/00  
14/02  
H 0 4 Q 3/52

識別記号

F I  
G 0 2 F 1/35  
H 0 4 Q 3/52 Z  
H 0 4 B 9/00 E

審査請求 未請求 請求項の数39 O L (全 24 頁)

(21)出願番号 特願平10-9392

(22)出願日 平成10年(1998) 1月21日

(31)優先権主張番号 特願平9-114059

(32)優先日 平9(1997) 5月1日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社

東京都港区赤坂二丁目17番22号

(72)発明者 古木 真

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなか い 富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 辰浦 智

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなか い 富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 夫 龍淳

神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン

テクなか い 富士ゼロックス株式会社内

(74)代理人 弁理士 佐藤 正美

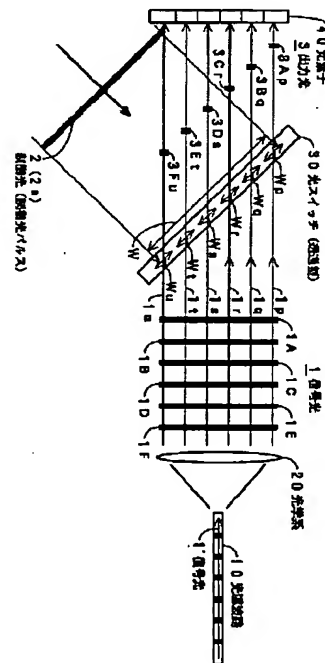
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光分配方法および光分配装置

(57)【要約】

【課題】 1Tbit/s以上というような高ビットレートシリアル信号光を直接かつ容易に、空間的に1次元または2次元の多チャンネルのバラレル信号光に変換できるようにする。

【解決手段】 ライン状の光スイッチ30を信号光1の進行方向に対して45°傾けて信号光1の光路上に配置し、信号光1に同期した制御光2を光スイッチ30に垂直に入射させる。光スイッチ30は、制御光2が照射された瞬間だけ信号光1を所定値以上の透過率で透過させるものとする。これによって、光スイッチ30の領域Wp, Wq, Wr, Ws, Wt, Wuから、それぞれ信号光パルス1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1Fの、それぞれ空間位置部分1p, 1q, 1r, 1s, 1t, 1uを、それぞれ出力光パルス3Ap, 3Bq, 3Cr, 3Ds, 3Et, 3Fuとして切り出す。光スイッチ30に代えて位相共役光発生デバイスを用いることもでき、その場合には出力光の強度を大きくすることができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】一方向に所定幅の広がりをもつ光学デバイスを、光パルス列からなる信号光の光路上に配置し、その信号光およびこれに同期した制御光を、両者が前記光学デバイス上で交差し、かつ前記所定幅に渡るように、それぞれ前記光学デバイスに入射させて、前記光学デバイスの前記所定幅内の異なる領域から、前記信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスを発生させる光分配方法。

【請求項 2】一方向およびこれと交差する他方向にそれぞれ所定幅の広がりをもつ光学デバイスを、光パルス列からなる信号光、またはこれに同期した制御光に対して、2 軸方向の傾きを有するように配置し、前記信号光および制御光を、両者が前記光学デバイス上で交差し、かつ前記一方向および他方向のそれぞれ所定幅に渡るように、それぞれ前記光学デバイスに入射させて、前記光学デバイスの前記一方向および他方向のそれぞれ所定幅内の異なる領域から、前記信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスを発生させる光分配方法。

【請求項 3】請求項 1 または 2 の光分配方法において、前記光学デバイスとして、所定強度以上の制御光が照射されるか否かによってオンオフ状態が切り替えられる光スイッチを用い、前記出力光パルスとして、前記信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分を切り出す光分配方法。

【請求項 4】請求項 3 の光分配方法において、前記制御光を前記光スイッチに垂直に入射させて、前記光スイッチの前記異なる領域を同時にオン状態にし、前記信号光を前記光スイッチに斜めに入射させる光分配方法。

【請求項 5】請求項 3 の光分配方法において、前記制御光を前記光スイッチに斜めに入射させて、前記光スイッチの前記異なる領域を順次、オン状態にし、前記信号光を前記光スイッチに垂直に入射させる光分配方法。

【請求項 6】請求項 3～5 のいずれかの光分配方法において、前記光スイッチは、前記制御光が照射された瞬間だけ、オン状態として前記信号光を所定値以上の透過率で透過させるものである光分配方法。

【請求項 7】請求項 3～5 のいずれかの光分配方法において、前記光スイッチは、前記制御光が照射された瞬間だけ、オン状態として前記信号光を所定値以上の反射率で反射させるものである光分配方法。

【請求項 8】請求項 1 または 2 の光分配方法において、前記光学デバイスとして、前記信号光であるブローブ光と前記制御光であるポンプ光が同時に照射されたとき、前記出力光パルスとして前記ブローブ光の位相共役光を

発生するものを用いる光分配方法。

【請求項 9】請求項 8 の光分配方法において、前記制御光である第 1 のポンプ光を、前記光学デバイスの一面側から前記光学デバイスに垂直に入射させるとともに、前記光学デバイスの他面側に反射鏡を配置して、前記一面側から前記光学デバイスを透過したポンプ光を、前記反射鏡で反射させて、第 2 のポンプ光として、前記第 1 のポンプ光と同時に、前記他面側から前記光学デバイスに垂直に入射させ、前記信号光であるブローブ光を、前記第 1 および第 2 のポンプ光と同時に、前記光学デバイスに斜めに入射させる光分配方法。

【請求項 10】請求項 9 の光分配方法において、前記光学デバイスと前記反射鏡との間に波長板を配置して、前記第 1 および第 2 のポンプ光を互いに偏光方向が直交したものとする光分配方法。

【請求項 11】請求項 10 の光分配方法において、前記光学デバイスから発生した出力光パルスを偏光ビームスプリッタによって取り出す光分配方法。

【請求項 12】請求項 8～11 のいずれかの光分配方法において、前記光学デバイスは、半導体微粒子分散ガラスまたは金属微粒子分散ガラスである光分配方法。

【請求項 13】請求項 8～11 のいずれかの光分配方法において、前記光学デバイスは、半導体材料または半導体多重子井戸である光分配方法。

【請求項 14】請求項 8～11 のいずれかの光分配方法において、前記光学デバイスは、高分子有機薄膜、有機結晶薄膜または有機会合体薄膜である光分配方法。

【請求項 15】請求項 1～14 のいずれかの光分配方法において、前記それぞれの出力光パルスを、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとして得る光分配方法。

【請求項 16】請求項 15 の光分配方法において、前記それぞれの出力光パルスを、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとして得るために、フィルタを用いる光分配方法。

【請求項 17】請求項 1～16 のいずれかの光分配方法において、前記それぞれの出力光パルスを、空間光変調器またはその他の光処理素子によって処理する光分配方法。

【請求項 18】請求項 1～16 のいずれかの光分配方法において、前記それぞれの出力光パルスを、光検出素子によって検出する光分配方法。

【請求項 19】光パルス列からなる信号光の波面を、進行方向に対して垂直な少なくとも一軸方向に広げる信号光光学系と、

前記信号光に同期し、かつ進行方向に対して垂直な少なくとも一軸方向に波面が広げられた制御光を発生する制御光発生源と、

一方向に所定幅の広がりをも有し、前記信号光光学系からの信号光、および前記制御光発生源からの制御光が、互いに交差し、かつそれぞれ前記所定幅に渡って照射されることによって、前記所定幅内の異なる領域から、前記信号光光学系からの信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスを発生する光学デバイスと、を備える光分配装置。

【請求項 20】光パルス列からなる信号光の波面を、進行方向に対して垂直な面方向に広げる信号光光学系と、前記信号光に同期し、かつ進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた制御光を発生する制御光発生源と、

一方向およびこれと交差する他方向にそれぞれ所定幅の広がりをも有し、前記信号光光学系からの信号光、または前記制御光発生源からの制御光に対して、2 軸方向の傾きを有するように配され、前記信号光光学系からの信号光、および前記制御光発生源からの制御光が、互いに交差し、かつそれぞれ前記一方向および他方向のそれぞれ所定幅に渡って照射されることによって、前記一方向および他方向のそれぞれ所定幅内の異なる領域から、前記信号光光学系からの信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスを発生する光学デバイスと、を備える光分配装置。

【請求項 21】請求項 19 または 20 の光分配装置において、

前記光学デバイスとして、所定強度以上の制御光が照射されるか否かによってオンオフ状態が切り替えられる光スイッチが用いられ、前記出力光パルスとして、前記信号光光学系からの信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分が切り出される光分配装置。

【請求項 22】請求項 21 の光分配装置において、前記制御光発生源からの制御光が前記光スイッチに垂直に入射して、前記光スイッチの前記異なる領域が同時にオン状態にされ、前記信号光光学系からの信号光が前記光スイッチに斜めに入射する光分配装置。

【請求項 23】請求項 21 の光分配装置において、前記制御光発生源からの制御光が前記光スイッチに斜めに入射して、前記光スイッチの前記異なる領域が順次、オン状態にされ、前記信号光光学系からの信号光が前記光スイッチに垂直に入射する光分配装置。

【請求項 24】請求項 21 ～ 23 のいずれかの光分配装置において、

前記光スイッチは、前記制御光発生源からの制御光が照射された瞬間だけ、オン状態として前記信号光光学系からの信号光を所定値以上の透過率で透過させるものである光分配装置。

【請求項 25】請求項の 21 ～ 23 のいずれかの光分配

装置において、

前記光スイッチは、前記制御光発生源からの制御光が照射された瞬間だけ、オン状態として前記信号光光学系からの信号光を所定値以上の反射率で反射させるものである光分配装置。

【請求項 26】請求項 19 または 20 の光分配装置において、

前記光学デバイスは、前記信号光であるブローブ光と前記制御光であるポンプ光が同時に照射されたとき、前記出力光パルスとして前記ブローブ光の位相共役光を発生するものである光分配装置。

【請求項 27】請求項 26 の光分配装置において、前記制御光である第 1 のポンプ光が、前記光学デバイスの一面側から前記光学デバイスに垂直に入射するとともに、前記光学デバイスの他面側に反射鏡が配置されて、前記一面側から前記光学デバイスを透過したポンプ光が、前記反射鏡で反射して、第 2 のポンプ光として、前記第 1 のポンプ光と同時に、前記他面側から前記光学デバイスに垂直に入射し、前記信号光であるブローブ光が、前記第 1 および第 2 のポンプ光と同時に、前記光学デバイスに斜めに入射する光分配装置。

【請求項 28】請求項 27 の光分配装置において、前記光学デバイスと前記反射鏡との間に波長板が配置されて、前記第 1 および第 2 のポンプ光が互いに偏光方向が直交したものとされる光分配装置。

【請求項 29】請求項 28 の光分配装置において、前記光学デバイスから発生した出力光パルスが偏光ビームスプリッタによって取り出される光分配装置。

【請求項 30】請求項 26 ～ 29 のいずれかの光分配装置において、

前記光学デバイスは、半導体微粒子分散ガラスまたは金属微粒子分散ガラスである光分配装置。

【請求項 31】請求項 26 ～ 29 のいずれかの光分配装置において、

前記光学デバイスは、半導体材料または半導体多重量子井戸である光分配装置。

【請求項 32】請求項 26 ～ 29 のいずれかの光分配装置において、

前記光学デバイスは、高分子有機薄膜、有機結晶薄膜または有機会合体薄膜である光分配装置。

【請求項 33】請求項 19 ～ 32 のいずれかの光分配装置において、

前記それぞれの出力光パルスが、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとして得られる光分配装置。

【請求項 34】請求項 33 の光分配装置において、前記それぞれの出力光パルスを、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとして得るための、フィルタを備える光分配装置。

【請求項 35】請求項 19 ～ 34 のいずれかの光分配装

置において、  
前記それぞれの出力光パルス进行处理する、空間光変調器  
またはその他の光処理素子を備える光分配装置。

【請求項 36】請求項 19～34 のいずれかの光分配装置において、  
前記それぞれの出力光パルスを検出する光検出素子を備える光分配装置。

【請求項 37】制御光が照射されるか否かによって吸収係数が変化する機能性材料からなるベース層と、このベース層上に形成された遮光層とを備え、前記ベース層の前記遮光層で覆われていない部分が、互いに独立の複数の光シャッタ部として機能する光スイッチ。

【請求項 38】基板と、この基板上に形成された、制御光が照射されるか否かによって反射率が変化する反射層とを備え、その反射層が、互いに独立の複数の実効スイッチ部として機能する光スイッチ。

【請求項 39】プローブ光とポンプ光が同時に照射されたときに前記プローブ光の位相共役光を発生する機能性材料からなるベース層と、このベース層上に形成された遮光層とを備え、前記ベース層の前記遮光層で覆われていない部分が、互いに独立の複数の位相共役光発生部として機能する光学デバイス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、光通信システムなどに用いる光分配（光デマルチプレックス）の方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】送信側において、多チャンネルの信号光を時間的にシリアルな信号光に多重化して、光ファイバ伝送路に送出し、受信側において、その多重化されたシリアル信号光を多チャンネルの信号光に分配する光通信システムでは、増大する情報量に対応した Tbit/s（テラビット／秒）オーダーの超高速の光通信網を実現するために、それに対応した光多重（光マルチプレックス）および光分配（光デマルチプレックス）の方法が研究されている。

【0003】従来、多重化されたシリアル信号光を多チャンネルの信号光に分配する方法としては、「Optics E No. 187（1995年6月）」73ページ以下に示されているように、信号光の位相を変化させる位相シフト法と、信号光の周波数（波長）を変化させる周波数シフト法とが考えられている。

【0004】位相シフト法の代表的なものは、光カー効果を利用した 2 光路干渉計を用いるもので、2 光路干渉計の一方の光路に挿入した非線形光学媒質の屈折率を、多重化されたシリアル信号光に同期した制御光（ゲート光）により変化させることによって、制御光パルスが入力されない時には、その時の信号光パルスが 2 光路干渉計の一方の出力ポートから出力され、制御光パルスが入

力された時には、その時の信号光パルスが 2 光路干渉計の他方の出力ポートから出力される。

【0005】周波数シフト法は、非線形光学媒質中で制御光によって、多重化されたシリアル信号光の周波数（波長）をチャンネルごとに変化させ、その変化した信号光から波長分離素子によって、各チャンネルの信号光を空間的に分離する。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述した位相シフト法は、時間的に制御光パルスと一致した信号光パルスと一致しない信号光パルスを空間的に分離するため、原理的に一度に 2 つの出力しか得られず、多チャンネルの信号光パルスを分離して得るには、上記の 2 光路干渉計を多段（チャンネル数を N とすると、(N-1) 段）に渡って設けるとともに、各段の 2 光路干渉計に対して信号光および制御光を、その方向を変え、一方は異なる時間遅延させて、入射させなければならず、光学系が著しく複雑になって、チャンネル数が多くなるほど対応が困難になるとともに、各段の信号光または制御光の間に正確な時間差を持たせるために非常に高度なプロセス技術が必要となる。

【0007】また、上述した周波数シフト法は、非線形光学媒質において一度に信号光をチャンネルごとに異なる周波数（波長）に変換することにより複数チャンネルの出力光を一括して得ることができるが、實際上、チャンネル数の増加に伴って、一度に信号光をチャンネルごとに異なる周波数に変換するのが困難になるため、上述した位相シフト法と同様の問題がある。

【0008】さらに、上述したのは、時間軸方向にしか情報を持たないという意味で、時間的にシリアルで、空間的にはゼロ次元の信号光を、空間的に 1 次元の出力光に変換する場合であるが、同様の信号光を、空間的に 2 次元の出力光に変換する必要性ないし要求も考えられる。

【0009】例えば、画像情報の光伝送で、送信側で、 $m \times n$  画素についてのパラレル 2 次元画像情報を、シリアル信号光に多重化して送信し、受信側で、その多重化されたシリアル信号光を、一軸方向には  $m$  チャンネルで、これと直交する他の一軸方向には  $n$  チャンネルの、空間的に 2 次元のパラレル信号光に分離すれば、 $m \times n$  画素についてのパラレル 2 次元画像情報を、2 次元パラレル性を維持したまま、2 次元空間光変調器や 2 次元 CCD アレイなどによって直接、処理または検出することが可能となる。

【0010】しかしながら、従来の位相シフト法や周波数シフト法では、このように多重化されたシリアル信号光を空間的に 2 次元のパラレル信号光に変換するのは、上述した空間的に 1 次元のパラレル信号光に変換する場合よりも、さらに一層、困難となる。

【0011】そこで、この発明は、1 Tbit/s 以上

というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易に、空間的に1次元または2次元の多チャンネルの平行信号光に変換することができるようにしたものである。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明の光分配方法では、一方向に所定幅の広がりを持つ光学デバイスを、光パルス列からなる信号光の光路上に配置し、その信号光およびこれに同期した制御光を、両者が前記光学デバイス上で交差し、かつ前記所定幅に渡るように、それぞれ前記光学デバイスに入射させて、前記光学デバイスの前記所定幅内の異なる領域から、前記信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスを発生させる。

【0013】この場合、請求項3の発明のように、前記光学デバイスとして、所定強度以上の制御光が照射されるか否かによってオンオフ状態が切り替えられる光スイッチを用いて、前記出力光パルスとして、前記信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分を切り出すことができる。

【0014】さらに、この場合、請求項4の発明のように、前記制御光を前記光スイッチに垂直に入射させて、前記光スイッチの前記異なる領域を同時にオン状態にし、前記信号光を前記光スイッチに斜めに入射させる方法とし、または請求項5の発明のように、前記制御光を前記光スイッチに斜めに入射させて、前記光スイッチの前記異なる領域を順次、オン状態にし、前記信号光を前記光スイッチに垂直に入射させる方法とすることができる。

【0015】さらに、この場合、請求項6の発明のように、前記光スイッチを、前記制御光が照射された瞬間だけ、オン状態として前記信号光を所定値以上の透過率で透過させるものとし、または請求項7の発明のように、前記光スイッチを、前記制御光が照射された瞬間だけ、オン状態として前記信号光を所定値以上の反射率で反射させるものとすることができる。

【0016】あるいはまた、請求項8の発明のように、前記光学デバイスとして、前記信号光であるプローブ光と前記制御光であるポンプ光が同時に照射されたとき、前記出力光パルスとして前記プローブ光の位相共役光を発生するものを用いることができる。

【0017】さらに、この場合、請求項9の発明のように、前記制御光である第1のポンプ光を、前記光学デバイスの一面側から前記光学デバイスに垂直に入射させるとともに、前記光学デバイスの他面側に反射鏡を配置して、前記一面側から前記光学デバイスを透過したポンプ光を、前記反射鏡で反射させて、第2のポンプ光として、前記第1のポンプ光と同時に、前記他面側から前記光学デバイスに垂直に入射させ、前記信号光であるプローブ光を、前記第1および第2のポンプ光と同時に、前

記光学デバイスに斜めに入射させる方法とすることができる。

【0018】さらに、この場合、請求項10の発明のように、前記光学デバイスと前記反射鏡との間に波長板を配置して、前記第1および第2のポンプ光を互いに偏光方向が直交したものとすることができる。

【0019】請求項2の発明の光分配方法では、一方向およびこれと交差する他方向にそれぞれ所定幅の広がりを持つ光学デバイスを、光パルス列からなる信号光、またはこれに同期した制御光に対して、2軸方向の傾きを有するように配置し、前記信号光および制御光を、両者が前記光学デバイス上で交差し、かつ前記一方向および他方向のそれぞれ所定幅に渡るように、それぞれ前記光学デバイスに入射させて、前記光学デバイスの前記一方向および他方向のそれぞれ所定幅内の異なる領域から、前記信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスを発生させる。

【0020】この場合、請求項1の発明の光分配方法と同様に、前記光学デバイスとして、光スイッチを用い、または位相共役光を発生するデバイスを用いることができる。

【0021】

【作用】上記の方法による請求項1の発明の光分配方法においては、信号光と制御光の交差角および同期関係を規定することによって、制御光が光学デバイスの所定幅内の各領域を同時または順次に照射して、各領域を同時または順次にオン状態または位相共役光発生可能状態にし、その時点で、信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分が、そのオン状態または位相共役光発生可能状態とされた領域に入射するようになる。

【0022】したがって、光学デバイスの所定幅内の異なる領域から、信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分が出力光パルスとして切り出され、または信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスが位相共役光として発生する。したがって、多重化されたシリアル信号光が、空間的に1次元の平行信号光に変換されることになる。

【0023】この場合、例えば、シリアル信号光のビットレートが1 Gbit/s（ギガビット/秒）のときには、信号光パルスの時間間隔（パルス間隔）が1 ns（ナノ秒）となり、空間的な距離間隔が30 cmとなっており、上記の方法は、デバイスとして非現実的な巨大なものとなる。

【0024】しかし、例えば、シリアル信号光のビットレートが1 Tbit/sであれば、信号光パルスの時間間隔は1 ps（ピコ秒）となり、空間的な距離間隔は300 μm = 0.03 cmとなる。したがって、例えば、信号光を光学デバイスに対して45度の角度で入射させ、制御光を光学デバイスに垂直に入射させる場合には、光学デバイスの所定幅内の出力光パルスを発生する

べき各領域の空間的な距離間隔は  $424\mu\text{m}$  となり、シリアル信号光を 100 チャンネルの 1 次元パラレル信号光に変換する場合でも、光学デバイスの所定幅は  $4.2\text{cm}$  強でよい。

【0025】したがって、請求項 1 の発明の光分配方法によれば、 $1\text{Tbit/s}$  以上というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易に、空間的に 1 次元の多チャンネルのパラレル信号光に変換することができる。

【0026】また、光学デバイスとして位相共役光を発生するデバイスを用いる場合には、出力光としての位相共役光の強度を信号光であるブローブ光の強度より大きくすることができるとともに、光学デバイスでの光損失の問題を回避することができるので、出力光の強度を大きくすることができる。

【0027】上記の方法による請求項 2 の発明の光分配方法においては、光学デバイスの信号光または制御光に対する 2 軸方向の傾き角、および信号光と制御光の交差角および同期関係を規定することによって、制御光が光学デバイスの一方向および他方向のそれぞれ所定幅内の各領域を同時または順次に照射して、各領域を同時または順次にオン状態または位相共役光発生可能状態にし、その時点で、信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分が、そのオン状態または位相共役光発生可能状態とされた領域に入射するようになる。

【0028】したがって、光学デバイスの一方向および他方向のそれぞれ所定幅内の異なる領域から、信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分が出力光パルスとして切り出され、または信号光の異なる光パルスの異なる空間位置部分に対応した出力光パルスが位相共役光として発生する。したがって、多重化されたシリアル信号光が、空間的に 2 次元のパラレル信号光に変換されることになる。

【0029】そして、請求項 1 の発明の光分配方法につき、上述したところから明らかなように、例えば、シリアル信号光のビットレートが  $1\text{Tbit/s}$  であれば、シリアル信号光を  $100 \times 100$  チャンネルの 2 次元パラレル信号光に変換する場合でも、光学デバイスの一方向および他方向のそれぞれの所定幅は数  $\text{cm}$  程度でよい。

【0030】したがって、請求項 2 の発明の光分配方法によれば、 $1\text{Tbit/s}$  以上というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易に、空間的に 2 次元の多チャンネルのパラレル信号光に変換することができる。

【0031】また、請求項 1 の発明の光分配方法と同様に、光学デバイスとして位相共役光を発生するデバイスを用いる場合には、出力光の強度を大きくすることができる。

【0032】

【発明の実施の形態】

〔光スイッチを用いる場合の実施形態〕

（透過型光スイッチに制御光を垂直に入射させる場合）

図 1 は、この発明の光分配方法および光分配装置の一実施形態を示し、透過型光スイッチを用いて、これに信号光を斜めに入射させ、制御光を垂直に入射させる場合である。

【0033】光ファイバなどの光導波路 10 中に伝送される信号光  $1'$  は、図の場合には 6 チャンネルの信号光が時間的にシリアルに多重化された、ビットレートが  $1\text{Tbit/s}$ 、パルス時間間隔が  $1\text{ps}$  のものである。

【0034】この光導波路 10 中を伝送した信号光  $1'$  を、レンズを組み合わせて構成した光学系 20 に入射させて、光学系 20 の出射光として、進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた、各チャンネルの信号光パルス 1A～1F の列からなる信号光 1 を得る。信号光パルスの時間間隔は  $1\text{ps}$  であるので、空間的な距離間隔は  $300\mu\text{m}$  となる。

【0035】この信号光 1 の光路上に、ライン状の光スイッチ 30 を、そのライン方向を信号光 1 の進行方向に対して  $45^\circ$  傾けて配置する。光スイッチ 30 は、制御光 2 が照射されるか否かにより吸収係数（吸光度）が変化し、かつ緩和時間が短い非線形光学材料によって形成して、制御光 2 が照射された瞬間だけ、透過状態として信号光 1 を所定値以上の透過率で透過させるものとする。とともに、そのライン方向に所定幅  $W$  の広がりを持つものとし、信号光 1 を、その所定幅  $W$  に渡って光スイッチ 30 に入射させる。

【0036】光スイッチ 30 を信号光 1 に対して  $45^\circ$  傾けるので、図のように  $N$ （チャンネル数）= 6 の場合には、所定幅  $W$  は信号光パルスの空間的な距離間隔の 5 倍強分のルート 2 倍とする。

【0037】光スイッチ 30 は、より実際的には、図 12 に示して後述するように選択的に遮光層を設けることによって、所定幅  $W$  内の互いに重なり合わない、図のように  $N=6$  の場合には 6 つの領域  $W_p \sim W_u$  が、互いに独立した光シャッター部として機能するようにすることが望ましい。これによって、後述するように光スイッチ 30 から切り出される、それぞれの出力光パルス 3A $p \sim 3F_u$  は、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとなる。

【0038】あるいはまた、信号光 1 または後述する制御光 2 の光路上に、それぞれの出力光パルス 3A $p \sim 3F_u$  を、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとするフィルタを配置してもよい。また、必要に応じて、波長選択性や SN 比を向上させるために、誘電体多層膜などの干渉フィルタを設けてもよい。

【0039】光導波路 10 中を伝送した信号光  $1'$  から、信号光パルス 1A～1F の一組につき一つの制御光パルス 2a からなる、信号光 1 に同期した、信号光 1 と

同様に進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた制御光2を形成する。信号光1'には、信号光パルス1A~1Fの列の始まりを示す情報が挿入され、これから、信号光1に対して後述するような時間関係で信号光1に同期した制御光2を容易に形成することができる。

【0040】この制御光2を、その進行方向を光スイッチ30のライン方向に対して垂直にして、所定幅Wに渡って光スイッチ30に入射させる。図の場合は、制御光2を信号光1の射出側から光スイッチ30に入射させる場合であるが、信号光1の入射側から光スイッチ30に入射させてもよい。

【0041】後述するように、信号光パルス1Aが領域Wpのみから、信号光パルス1Bが領域Wqのみから、というように、信号光パルス1A~1Fが、光スイッチ30の対応する領域Wp~Wuのみから、空間的に分離されて切り出されるように、制御光パルス2aの時間幅は、信号光1の広げられた波面方向の、領域Wp~Wuに対応する空間位置部分1p~1uの、領域Wp~Wuまでの光路長の違いによる、領域Wp~Wuへの到達時間の差より十分短くする。すなわち、図のように光スイッチ30を信号光1に対して45°傾ける場合には、制御光パルス2aの時間幅を信号光パルスの時間間隔より十分短くする。

【0042】例えば、信号光パルスの時間幅が、時間間隔(1ps)の1/10の100fs(フェムト秒)であれば、制御光パルス2aの時間幅は、信号光パルスのそれと同程度か、それより若干短くすればよい。

【0043】光スイッチ30より前方側の信号光1の光路上には、空間光変調器などの光処理素子またはCCDアレイやフォトディテクタアレイなどの光検出素子からなる、ライン状ないし1次元アレイ状の光素子40を、その各画素が信号光1の各空間位置部分1p~1uの光路上に位置するように配置する。

【0044】上述した方法ないし装置においては、図2(A)に示すように、制御光パルス2aが光スイッチ30の各領域Wp~Wuを同時に照射し、同時に透過状態にする。そして、図示するように、信号光パルス1A~1Fが光スイッチ30の対応する領域Wp~Wuに同時に到達する時点で、制御光パルス2aが光スイッチ30の各領域Wp~Wuに到達するように、制御光2を信号光1に対して同期させる。

【0045】したがって、制御光パルス2aが光スイッチ30の各領域Wp~Wuに到達した時点で、信号光パルス1Aの空間位置部分1pが領域Wpを、信号光パルス1Bの空間位置部分1qが領域Wqを、信号光パルス1Cの空間位置部分1rが領域Wrを、信号光パルス1Dの空間位置部分1sが領域Wsを、信号光パルス1Eの空間位置部分1tが領域Wtを、信号光パルス1Fの空間位置部分1uが領域Wuを、それぞれ透過して、図2(B)に示すように、それぞれ出力光パルス3Ap、

3Bq、3Cr、3Ds、3Et、3Fuとして切り出される。

【0046】そして、この出力光パルス3Ap~3Fuが、光素子40の対応する画素で処理または検出される。したがって、各チャンネルの信号光パルス1A~1Fが1次元パラレル情報として取り出されることになる。

【0047】図1および図2(A)(B)では一部を省略したが、信号光1は信号光パルス1A~1Fの組がシリアルに連続するもので、光スイッチ30からは、図2(C)に示すように、出力光パルス3Ap~3Fuの組が連続して切り出される。ただし、同図は、出力光パルス3Ap~3Fuの空間的位置関係を示したもので、時間的には、出力光パルス3Ap~3Fuの一组が同時に切り出され、N=6の場合には信号光パルスの時間間隔の6倍の時間後に、出力光パルス3Ap~3Fuの次の一组が同時に切り出される。

【0048】したがって、N=6の場合には、光素子40の各画素は、信号光パルスの時間間隔の6倍の時間ごとに、対応する出力光パルス3Ap~3Fuを処理または検出できればよい。実際のな、チャンネル数Nがより多い場合には、光素子40はより応答速度の遅いものでよく、デバイスとして十分な実現性を有する。

【0049】以上のように、上述した実施形態によれば、1Tbit/s以上というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易に、空間的に1次元の多チャンネルのパラレル信号光に変換することができる。

【0050】(透過型光スイッチに信号光を垂直に入射させる場合)図3は、この発明の光分配方法および光分配装置の他の実施形態を示し、透過型の光スイッチを用いて、これに信号光を垂直に入射させ、制御光を斜めに入射させる場合である。

【0051】この実施形態では、信号光1の光路上に光スイッチ30を、そのライン方向を信号光1の進行方向に対して垂直にして配置して、信号光1を、所定幅Wに渡って光スイッチ30に入射させるとともに、制御光2を、その進行方向を光スイッチ30のライン方向に対して傾けて、所定幅Wに渡って光スイッチ30に入射させる。その他は、図1の実施形態と同じである。

【0052】ただし、後述するように、信号光パルス1Aが領域Wuのみから、信号光パルス1Bが領域Wtのみから、というように、信号光パルス1A~1Fが、光スイッチ30の対応する領域Wu~Wpのみから、空間的に分離されて切り出されるように、制御光2の広げられた波面の光スイッチ30に対する傾斜による、制御光パルス2aの領域Wu~Wpへの到達時間の差を、信号光パルスの時間間隔と等しくするとともに、制御光パルス2aの時間幅を、信号光パルスの時間間隔より十分短くする。

【0053】上述した方法ないし装置においては、図4(A)に示すように、信号光パルス1Aが光スイッチ30に到達する時点で、制御光パルス2aが光スイッチ30の領域Wuに到達するように、制御光2を信号光1に対して同期させる。

【0054】したがって、同図に示すように、信号光パルス1Aが光スイッチ30に到達した時点で、光スイッチ30の領域Wuが透過状態とされ、信号光パルス1Aの空間位置部分1uが領域Wuを透過して、図4(B)に示すように、出力光パルス3Auとして切り出される。

【0055】次に、同図に示すように、信号光パルス1Bが光スイッチ30に到達すると、制御光パルス2aが光スイッチ30の領域Wtに到達して、領域Wtが透過状態とされ、信号光パルス1Bの空間位置部分1tが領域Wtを透過して、図4(C)に示すように、出力光パルス3Btとして切り出される。

【0056】次に、同図に示すように、信号光パルス1Cが光スイッチ30に到達すると、制御光パルス2aが光スイッチ30の領域Wsに到達して、領域Wsが透過状態とされ、信号光パルス1Cの空間位置部分1sが領域Wsを透過して、図3に示したように、出力光パルス3Csとして切り出される。

【0057】以下、同様に、図3の実施形態では、信号光パルス1Aの空間位置部分1u、信号光パルス1Bの空間位置部分1t、信号光パルス1Cの空間位置部分1s、信号光パルス1Dの空間位置部分1r、信号光パルス1Eの空間位置部分1q、信号光パルス1Fの空間位置部分1pが、それぞれ出力光パルス3Au、3Bt、3Cs、3Dr、3Eq、3Fpとして順次、切り出され、光素子40の対応する画素で順次、処理または検出される。したがって、各チャンネルの信号光パルス1A~1Fが1次元パラレル情報として取り出されることになる。

【0058】この実施形態でも、N=6の場合には、光素子40の各画素は、信号光パルスの時間間隔の6倍の時間ごとに、対応する出力光パルス3Au~3Fpを処理または検出できればよい。実際的な、チャンネル数Nがより多い場合には、光素子40はより応答速度の遅いものでよく、デバイスとして十分な実現性を有する。

【0059】(反射型光スイッチに制御光を垂直に入射させる場合)図5は、この発明の光分配方法および光分配装置のさらに他の実施形態を示し、反射型的光スイッチを用いて、これに信号光を斜めに入射させ、制御光を垂直に入射させる場合である。

【0060】この実施形態では、図1の実施形態と同様に、光スイッチ30のライン方向を信号光1の進行方向に対して45°傾けて、光スイッチ30を信号光1の光路上に配置する。ただし、この場合の光スイッチ30は、制御光2が照射されるか否かにより屈折率が変化

し、かつ緩和時間が短い非線形光学材料によって形成して、制御光2が照射された瞬間だけ、干渉により反射状態として信号光1を所定値以上の反射率で反射させるものとする。

【0061】光スイッチ30は、より実際的には、図15に示して後述するように選択的に反射層を設けることによって、所定幅W内の互いに重なり合わない、図のようにN=6の場合には6つの領域Wp~Wuが、互いに独立した実効スイッチ部として機能するようにすることが望ましい。これによって、後述するように光スイッチ30から切り出される、それぞれの出力光パルス3Ap~3Fuは、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとなる。

【0062】あるいはまた、信号光1または後述する制御光2の光路上に、それぞれの出力光パルス3Ap~3Fuを、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとするフィルタを配置してもよい。また、必要に応じて、波長選択性やSN比を向上させるために、誘電体多層膜などの干渉フィルタを設けてもよい。

【0063】光スイッチ30の反射面側に信号光1を、所定幅Wに渡って入射させるとともに、信号光1に同期した制御光2を、その進行方向を光スイッチ30のライン方向に対して垂直にして光スイッチ30の反射面側から、所定幅Wに渡って光スイッチ30に入射させる。

【0064】そして、信号光1が光スイッチ30で反射した後の位置に、ライン状ないし1次元アレイ状の光素子40を、その各画素が信号光1の各空間位置部分1p~1uの反射光を受けるように配置する。

【0065】信号光パルス1A~1Fが光スイッチ30の対応する領域Wp~Wuに同時に到達する時点で、制御光パルス2aが光スイッチ30の各領域Wp~Wuに到達するように、制御光2を信号光1に対して同期させる点を含めて、その他は、図1の実施形態と同じである。

【0066】したがって、透過と反射の違いがあるだけで、図1の実施形態と同様に、信号光パルス1Aの空間位置部分1p、信号光パルス1Bの空間位置部分1q、信号光パルス1Cの空間位置部分1r、信号光パルス1Dの空間位置部分1s、信号光パルス1Eの空間位置部分1t、信号光パルス1Fの空間位置部分1uが、それぞれ出力光パルス3Ap、3Bq、3Cr、3Ds、3Et、3Fuとして切り出され、光素子40の対応する画素で処理または検出される。

【0067】(反射型光スイッチに信号光を垂直に入射させる場合)図6は、この発明の光分配方法および光分配装置のさらに他の実施形態を示し、反射型的光スイッチを用いて、これに信号光を垂直に入射させ、制御光を斜めに入射させる場合で、(A)(B)は、互いに直交する方向から見た図である。

【0068】この実施形態では、図3の実施形態と同様

10

20

30

40

50

に、光スイッチ 30 のライン方向を信号光 1 の進行方向に対して垂直にして、光スイッチ 30 を信号光 1 の光路上に配置するが、その光スイッチ 30 は、図 5 の実施形態と同様に反射型のものとし、信号光 1 を、ハーフミラー 50 を介して光スイッチ 30 の反射面側に入射させるとともに、制御光 2 を、その進行方向を光スイッチ 30 のライン方向に対して傾けて、光スイッチ 30 の反射面側から光スイッチ 30 に入射させる。

【0069】そして、信号光 1 が光スイッチ 30 で反射し、さらにハーフミラー 50 で反射した後の位置に、光素子 40 を、その各画素が信号光 1 の各空間位置部分 1 u ~ 1 p の反射光を受けるように配置する。

【0070】制御光 2 の広げられた波面の光スイッチ 30 に対する傾斜による、制御光パルス 2 a の領域 W u ~ W p への到達時間の差を、信号光パルスの時間間隔と等しくし、信号光パルス 1 A が光スイッチ 30 に到達する時点で、制御光パルス 2 a が光スイッチ 30 の領域 W u に到達するように、制御光 2 を信号光 1 に対して同期させる点を含めて、その他は、図 3 の実施形態と同じである。

【0071】したがって、透過と反射の違いがあるだけで、図 3 の実施形態と同様に、信号光パルス 1 A の空間位置部分 1 u、信号光パルス 1 B の空間位置部分 1 t、信号光パルス 1 C の空間位置部分 1 s、信号光パルス 1 D の空間位置部分 1 r、信号光パルス 1 E の空間位置部分 1 q、信号光パルス 1 F の空間位置部分 1 p が、それぞれ出力光パルス 3 A u、3 B t、3 C s、3 D r、3 E q、3 F p として切り出され、光素子 40 の対応する画素で処理または検出される。

【0072】なお、ハーフミラー 50 を用いないで、図 6 (B) において一点鎖線で示すように、光スイッチ 30 に入射する信号光 1 と、光スイッチ 30 から反射する出力光 3 との間に、角度を持たせるようにしてもよい。

【0073】〔位相共役光を利用する場合の実施形態〕図 7 は、この発明の光分配方法および光分配装置のさらに他の実施形態を示し、位相共役光を利用する場合である。

【0074】上述したように、信号光は進行方向に対して垂直な面方向に波面を広げる必要がある。しかし、光ファイバなどの光導波路中を伝送する信号光は、光導波路の耐入力によって強度が制限されるため、波面が広げられた信号光の強度を、あまり大きくすることはできない。さらに、上述した各実施形態のように透過型または反射型の光スイッチを用いる場合には、光スイッチでの光損失によって、得られる出力光が弱くなる。

【0075】そこで、図 7 の実施形態では、光スイッチの代わりに、位相共役光を発生する光学デバイスを用いて、出力光の強度を大きくする。

【0076】(原理) 位相共役光の発生は、3 次の非線形光学効果に属する現象である。図 9 に示すように、レ

ーザ光源 111 からのレーザー光を、ビームスプリッタ 112 を透過させ、ビームスプリッタ 113 で反射させ、さらにミラー 114 で反射させて、後述するような非線形光学媒質からなる位相共役光発生デバイス 90 の一面に、前進ポンプ光 E f として入射させ、ビームスプリッタ 113 を透過したレーザー光を、ミラー 115 で反射させて、位相共役光発生デバイス 90 の他面に、後進ポンプ光 E b として入射させるとともに、ビームスプリッタ 112 で反射したレーザー光を、ビームスプリッタ 116 で反射させて、位相共役光発生デバイス 90 の一面に、プローブ光 E p として入射させ、プローブ光 E p の進行方向と対向する方向に光検出器 117 を配置する。

【0077】このように、位相共役光発生デバイス 90 に、波長の等しい 2 つのポンプ光 E f、E b を互いに対向させて入射させるとともに、ポンプ光 E f、E b と同一波長のプローブ光 E p を入射させると、ポンプ光 E f、E b およびプローブ光 E p が照射されているときにのみ、位相共役光発生デバイス 90 から、プローブ光 E p と対向した位相共役光 E c が発生し、図 9 の場合には、その位相共役光 E c が、ビームスプリッタ 116 を介して、光検出器 117 によって検出される。

【0078】位相共役光 E c は、プローブ光 E p の時間反転波であり、プローブ光 E p と同一波長である。また、プローブ光 E p および位相共役光 E c の強度は、ポンプ光 E f、E b の強度より小さい。

【0079】しかし、位相共役光発生デバイス 90 の出射面での位相共役光 E c の振幅 A c (0) は、位相共役光発生デバイス 90 の入射面でのポンプ光 E f、E b の振幅 A p (0) と、位相共役光発生デバイス 90 を構成する非線形光学媒質によって決まる定数  $\alpha$  との積に比例し、その比例定数を k とすると、

$$A_c(0) = k \times \alpha \times A_p(0) \quad \dots (1)$$

で表されるので、ポンプ光 E f、E b の強度を大きくすることによって、位相共役光 E c の強度をプローブ光 E p の強度より大きくすることができる。

【0080】したがって、光スイッチに代えて位相共役光発生デバイスを用い、上述した信号光をプローブ光とし、制御光をポンプ光とすることによって、波面が広げられた信号光であるプローブ光の強度が大きくなるとともに、位相共役光としての出力光の強度を大きくすることができる。さらに、光スイッチを用いる場合のような光学デバイスでの光損失の問題を回避することができる。

【0081】図 9 は、位相共役光 E c をビームスプリッタ (ハーフミラー) 116 を介して取り出す場合で、これでは、位相共役光発生デバイス 90 から発生した位相共役光 E c のうちの 50% しか取り出すことができない。

【0082】これに対して、図 10 に示すように、ポンプ光 E f、E b のいずれかの光路、例えばポンプ光 E b の光路に、1/2 波長板 118 を挿入して、位相共役光

発生デバイス 90 に互いに直交する偏光のポンプ光 E f、E b を入射させると、位相共役光発生デバイス 90 から発生する位相共役光 E c は、プローブ光 E p に対して直交した偏光になる。

【0083】したがって、図示するように、位相共役光 E c の取り出しに偏光ビームスプリッタ 119 を用いることができ、位相共役光発生デバイス 90 から発生した位相共役光 E c をほぼ 100% 取り出すことができるので、出力光の強度をより大きくすることができる。

【0084】光スイッチに代えて位相共役光発生デバイス 10 を用いるには、1 ps 以下の応答速度で位相共役光を発生、停止する非線形光学媒質が必要となる。3 次の非線形光学効果が大きく、かつそのような超高速応答を示す材料としては、半導体微粒子分散ガラスまたは金属微粒子分散ガラスや、高分子有機薄膜、有機結晶薄膜または有機会合体薄膜などがある。これらの材料は、1 ps 以下の応答時間を有し、大面積化も容易であるため、位相共役光発生デバイスとして十分使用することができる。また、半導体材料中にも、半導体多重量子井戸 (MQW) などのように超高速応答を示すものがあり、それらを使用することもできる。

【0085】(実施形態) 図 7 は、位相共役光発生デバイスを用いて、これにプローブ光としての信号光を斜めに入射させ、ポンプ光としての制御光を垂直に入射させる場合である。

【0086】図では省略したが、光ファイバなどの光導波路中を伝送した、図の場合には 6 チャンネルの信号光が時間的にシリアルに多重化された信号光から、進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた、各チャンネルの信号光パルス 1 A ~ 1 F の列からなる信号光 1 を得る。

【0087】この信号光 1 の光路上に、ライン状の位相共役光発生デバイス 90 を、そのライン方向を信号光 1 の進行方向に対して傾けて配置して、信号光 1 をプローブ光 E p として、偏光ビームスプリッタ 144 を介して、所定幅 W に渡って位相共役光発生デバイス 90 に入射させる。

【0088】上記の光導波路中を伝送した信号光からは、信号光パルス 1 A ~ 1 F の一組につき一つの制御光パルス 2 a からなる、信号光 1 に同期した、信号光 1 と同様に進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた制御光 2 を形成する。

【0089】その制御光パルス 2 a を、後進ポンプ光 E b として、その進行方向を位相共役光発生デバイス 90 のライン方向に対して垂直にして、所定幅 W に渡って位相共役光発生デバイス 90 の一面に入射させる。さらに、位相共役光発生デバイス 90 を透過した制御光パルス 2 a の光路上に、1/4 波長板 135 およびミラー 136 を配置して、位相共役光発生デバイス 90 を透過した制御光パルス 2 a を、1/4 波長板 135 を透過さ

せ、ミラー 136 で反射させ、さらに 1/4 波長板 135 を再び透過させて、後進ポンプ光 E b に対して直交した偏光の前進ポンプ光 E f を形成し、その前進ポンプ光 E f を、所定幅 W に渡って位相共役光発生デバイス 90 の他面に入射させる。

【0090】この場合、前進ポンプ光 E f と後進ポンプ光 E b が同時に位相共役光発生デバイス 90 に入射するように、すなわち、制御光パルス 2 a のある一つが前進ポンプ光 E f として位相共役光発生デバイス 90 に入射する時点で、制御光パルス 2 a のその後のある一つが後進ポンプ光 E b として位相共役光発生デバイス 90 に入射するように、ミラー 136 の位置を調整する。

【0091】位相共役光発生デバイス 90 は、上述したような非線形光学媒質によって形成するが、より実際的には、後述するように選択的に遮光層を設けることによって、所定幅 W 内の互いに重なり合わない、図のように  $N$  (チャンネル数) = 6 の場合には 6 つの領域  $W_p \sim W_u$  が、互いに独立した位相共役光発生部として機能するようにすることが望ましい。これによって、後述するように位相共役光発生デバイス 90 から位相共役光として発生する、それぞれの出力光パルスは、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとなる。

【0092】あるいはまた、信号光 1、制御光 2 または出力光 3 の光路上に、それぞれの出力光パルスを、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりがないものとするフィルタを配置してもよい。また、必要に応じて、波長選択性や SN 比を向上させるために、誘電体多層膜などの干渉フィルタを設けてもよい。

【0093】後述するように、信号光パルス 1 A に対応した出力光パルスが領域  $W_u$  のみから、信号光パルス 1 B に対応した出力光パルスが領域  $W_t$  のみから、というように、信号光パルス 1 A ~ 1 F に対応した出力光パルスが、位相共役光発生デバイス 90 の対応する領域  $W_u \sim W_p$  のみから、空間的に分離して発生するように、制御光パルス 2 a の時間幅は、信号光 1 の広げられた波面方向の、領域  $W_u \sim W_p$  に対応する空間位置部分の、領域  $W_u \sim W_p$  までの光路長の違いによる、領域  $W_u \sim W_p$  への到達時間の差より十分短くする。

【0094】位相共役光発生デバイス 90 から発生した後、偏光ビームスプリッタ 144 によって取り出された後の、信号光 1 であるプローブ光 E p の位相共役光 E c としての出力光 3 の光路上には、空間光変調器などの光処理素子または CCD アレイやフォトディテクタアレイなどの光検出素子からなる、ライン状ないし 1 次元アレイ状の光素子 40 を配置する。

【0095】上述した方法ないし装置においては、図 8 (A) に示すように、前進ポンプ光 E f および後進ポンプ光 E b が位相共役光発生デバイス 90 の各領域  $W_p \sim W_u$  を同時に照射し、同時に位相共役光発生可能状態にする。そして、図示するように、それぞれプローブ光 E

pとしての信号光パルス1A~1Fが位相共役光発生デバイス90の対応する領域Wu~Wpに同時に到達する時点で、前進ポンプ光Efおよび後進ポンプ光Ebが位相共役光発生デバイス90の各領域Wp~Wuに到達するように、制御光2である前進ポンプ光Efおよび後進ポンプ光Ebをプローブ光Epとしての信号光1に対して同期させる。

【0096】したがって、前進ポンプ光Efおよび後進ポンプ光Ebが位相共役光発生デバイス90の各領域Wp~Wuに到達した時点で、図8(B)に示すように、領域Wu, Wt, Ws, Wr, Wq, Wpから、それぞれ信号光パルス1A, 1B, 1C, 1D, 1E, 1Fの空間位置部分1u, 1t, 1s, 1r, 1q, 1pに対応した出力光パルス3Au, 3Bt, 3Cs, 3Dr, 3Eq, 3Fpが、それぞれ位相共役光Ecとして発生する。

【0097】そして、この位相共役光Ecとしての出力光パルス3Au~3Fpが、偏光ビームスプリッタ144を介して、光素子40の対応する画素で処理または検出される。したがって、各チャンネルの信号光パルス1A~1Fが1次元パラレル情報として取り出されることになる。

【0098】しかも、出力光3は信号光1であるプローブ光Epの位相共役光Ecとして得られるので、上述したように出力光3の強度を大きくすることができるとともに、この実施形態では、その位相共役光Ecはプローブ光Epに対して直交した偏光になるので、その位相共役光Ecとしての出力光3を、偏光ビームスプリッタ144によって取り出すことができ、出力光3の強度をより大きくすることができる。

【0099】(具体例) 図11は、上述したように位相共役光を利用する光分配方法および光分配装置の具体例を示す。ただし、実験用のものである。

【0100】アルゴンレーザ121の出力光によりチタンサファイアレーザ122を励起して、チタンサファイアレーザ122から、波長780nm、パルス時間幅100fs、パルス時間間隔10ns(繰り返し周波数100MHz)の出力光を得る。

【0101】このチタンサファイアレーザ122の出力光を、ビームスプリッタ123を透過させて、光マルチプレクサ141により多重化して、光マルチプレクサ141から、パルス時間幅が100fs、パルス時間間隔が1ps(繰り返し周波数が1THz)のパルス列からなる信号光を得、この信号光を、ミラー142で反射させ、コリメータ/エキスパンダ143により約5mmφに拡大し、偏光ビームスプリッタ144を透過させて、プローブ光Epとして、位相共役光発生デバイス90に45度の角度で入射させる。

【0102】また、チタンサファイアレーザ122の出力光を、ビームスプリッタ123で反射させて、増幅器

124に供給するとともに、チタンサファイアレーザ122の出力光によりYLFレーザ125を励起し、YLFレーザ125の出力光を増幅器124に供給して、増幅器124から、強度80μJ/pulseの制御光を得る。

【0103】そして、この増幅器124からの制御光を、ミラー126, 127, 128, 129, 131で順次反射させ、コリメータ/エキスパンダ132により約5mmφに拡大し、さらにシリンダリカルレンズ133によりライン状に集光させて、後進ポンプ光Ebとして、位相共役光発生デバイス90の一面に垂直に入射させる。

【0104】さらに、位相共役光発生デバイス90を透過した制御光を、シリンダリカルレンズ134を介し、1/4波長板135を介して、ミラー136で反射させ、その反射光を、再び1/4波長板135を介し、シリンダリカルレンズ134によりライン状に集光させて、前進ポンプ光Efとして、位相共役光発生デバイス90の他面に垂直に入射させる。

【0105】これによって、位相共役光発生デバイス90には、一面に後進ポンプ光Ebが入射するとともに、他面に後進ポンプ光Ebに対して直交した偏光の前進ポンプ光Efが入射する。この場合、増幅器124からのある制御光パルスが、前進ポンプ光Efとして位相共役光発生デバイス90に入射する時点で、増幅器124からのその後のある制御光パルスが、後進ポンプ光Ebとして位相共役光発生デバイス90に入射するように、ミラー127, 128および136の位置を調整する。また、前進ポンプ光Efおよび後進ポンプ光Ebは、プローブ光Epに対して、図7および図8において上述したように同期させる。

【0106】位相共役光発生デバイス90としては、フォトニクスガラスを用いた。これは、ガラス中に金属微粒子であるBi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を分散させたもので、比較的大きい3次の非線形光学定数(9.3×10<sup>-12</sup>esu)と、200fs以下の応答時間を有する。フォトニクスガラスの厚さは20μmとし、信号光であるプローブ光Epおよび制御光であるポンプ光Ef, Ebのパルス時間幅100fsに相当する空間的距離間隔30μmに比べて十分小さくした。さらに、位相共役光発生デバイス90は、フォトニクスガラスにマスクを付けて、直径100μmの円形の位相共役光発生部を10個、一方向にライン状に並べたものとした。

【0107】そして、位相共役光発生デバイス90から発生した位相共役光Ecを、偏光ビームスプリッタ144によって取り出して、10個の画素を一方向にライン状に並べたCCDアレイ145によって観測した。

【0108】その結果、CCDアレイ145上に位相共役光発生デバイス90の10個の位相共役光発生部に対応した10個の光出力が観測され、光マルチプレクサ1

10

20

30

40

50

41からの信号光が増幅器124からの制御光によってデマルチプレックスされることが確認された。しかも、出力光としての位相共役光Ecの強度は信号光であるプローブ光Epの100%以上であり、デマルチプレックスに伴う光損失がないことが確認された。

【0109】この実験では、光源の関係上、波長780nmの光を用いたが、実験に用いたフォトリソガラスは、1.55μm帯に対しても吸収を示さないの、光通信で主として用いられる1.55μm帯でも同様に用いることができる。

【0110】〔光スイッチの実施形態〕

（透過型光スイッチの実施形態）図12は、図1または図3に示したような光分配方法ないし光分配装置の光スイッチとして用いて好適な透過型光スイッチの一実施形態を示す。

【0111】この光スイッチは、石英基板31上に、フェムト秒オーダーで可飽和吸収を示す機能性薄膜32を形成し、その機能性薄膜32上に、アルミニウムの蒸着およびエッチングにより、遮光層33を所定パターンに形成して、機能性薄膜32の遮光層33で覆われていない部分34を、互いに独立の複数の光シャッタ部として機能させるものである。

【0112】信号光1が、100チャンネルの信号光パルスの列からなる、繰り返し周波数1THz（パルス時間間隔1ps）、パルス時間幅100fsのもので、この信号光1の、図において番号1、2……99、100で示す100チャンネルの信号光パルスを、繰り返し周波数10GHz（パルス時間間隔100ps）、パルス時間幅100fsの制御光2によって、バラレルに分離する場合を想定して、この透過型光スイッチを試作した。

【0113】光スイッチを信号光1に対して45°傾け、制御光2を光スイッチに垂直に入射させる場合として、信号光パルスの空間的距離間隔が300μmであるので、光シャッタ部34は、100個の信号光パルスの波面に対応するように、直径100μmの円形のを、424μmのピッチで100個、一方向にライン状に並べて形成した。光スイッチの全長は、4.2cm強である。

【0114】実際に行った製造方法を示す。石英基板31は、濃硫酸に一昼夜浸漬後、流水洗浄し、さらに超純水中で超音波洗浄したものを用いた。機能性薄膜32としては、大面積化を考慮して、有機材料であるAlPo-F（フルオロアルミニウムフタロシアニン）を用いた。

【0115】AlPo-Fは、波長600～800nmに対して吸収を示し、パワー密度 $5 \times 10^9 \text{ W/cm}^2$ の入射光で45%の吸収変化を生じる。吸収回復時間は550fsで、この発明の光分配方法ないし光分配装置に用いる光スイッチとして十分な機能を有する。

【0116】石英基板31上に、このAlPo-Fを150度、 $10^{-6} \text{ Torr}$ で真空蒸着して、0.8μm厚の機能性薄膜32を形成した。この機能性薄膜32上に、アルミニウムを $10^{-6} \text{ Torr}$ で500nm厚に蒸着し、塩酸を用いた通常のエッチングを行って、遮光層33を所定パターンに形成し、光シャッタ部34を上記のサイズおよびピッチで100個、形成した。

【0117】機能性薄膜32としては、AlPo-F以外に、ポリジアセチレンやポリチオフェンなどのπ共役系高分子、スクエアリウムなどの色素会合体、C<sub>60</sub>薄膜などを用いることができる。

【0118】また、遮光層33は、光の透過を阻止すればよいので、アルミニウムのように光を反射するものではなく、光を十分に吸収するものでもよい。さらに、石英基板31のような透光性基板を設ける場合には、遮光層33を、機能性薄膜32上ではなく、その透光性基板の機能性薄膜32が形成される面と反対側の面上に形成してもよい。また、透光性基板はなくてもよく、AlPo-Fなどの機能性材料からなるベース層の一面に遮光層33を設けるだけでもよい。

【0119】（透過型光スイッチを用いる場合の具体例）図13は、上述した透過型光スイッチを用いる光分配方法および光分配装置の具体例を示す。ただし、実験用のものである。

【0120】パルス時間幅100fs、発振周波数82MHzのOPO（オプティカルパラメトリック発振器）61からの、波長620nm、パルス時間幅100fsの出力光5を分割して、一部は、光マルチプレクサ62により、繰り返し周波数1THz（パルス時間間隔1ps）、パルス時間幅100fsの信号光1として、光学系20により進行方向に対して垂直な面方向に波面を広げて、光スイッチ30に入射させる。

【0121】光スイッチ30は、図12に示したように、AlPo-Fからなる光シャッタ部34を100個、一方向にライン状に並べた透過型のもので、そのライン方向を信号光1の進行方向に対して45°傾けて、信号光1の光路上に配置する。

【0122】出力光5の残りは、制御光2として、光学的遅延手段63により遅延させ、シリンダカルレンズ64によりライン状に集光させて、光スイッチ30に垂直に入射させる。出力光5の光強度は500μJで、これをシリンダカルレンズ64により集光させることによって、制御光として十分な光パワーが得られた。

【0123】光スイッチ30の前方には、100個の画素を一方向にライン状に並べたフォトディテクタアレイ41を配し、そのそれぞれの画素を光スイッチ30のそれぞれの光シャッタ部に対応させる。フォトディテクタアレイ41としては、10GHzの応答速度が要求されるため、GaAsからなる超高速フォトダイオードを用いた。

【0124】そして、OPO61の出力信号7を、遅延回路67により遅延させて、トリガー信号としてロックインアンプ68に供給し、フォトディテクタアレイ41の出力信号8を、ロックインアンプ68に供給して、ロックインアンプ68により、フォトディテクタアレイ41の出力信号8の変動成分を検出し、その検出出力をコンピュータ70により測定した。

【0125】その結果、信号光1と制御光2の光スイッチ30への照射タイミングを合わせたときにのみ、フォトディテクタアレイ41の100個の画素の出力信号に同時に電圧変動が観測された。これは、制御光2によって、光スイッチ30の図12に示した光シャッタ部34において、AlPooFからなる機能性薄膜32の吸収が減少して透過光強度が増加し、その増加分がフォトディテクタアレイ41の100個の画素の出力信号に電圧変動として現れたためと考えられる。

【0126】上記の検出・測定を繰り返し、OPO61の出力信号7に対応してフォトディテクタアレイ41の出力信号8をモニターすることによって、光マルチプレクサ62からの1THzの信号光1を、それぞれ10GHzの100チャンネルの出力光にデマルチプレックスできることを確認した。

【0127】上述したように、光通信では主として1.55μm帯の信号光が用いられる。そこで、1.55μm帯に、より近い信号光を用いて、上記と同様の実験を行った。

【0128】図14は、この場合を示し、OPO61からの、波長1.55μm、パルス時間幅100fsの出力光5を、波長変換素子65によって、波長775nm、パルス時間幅100fsの出力光6に変換する。出力光5の2次高調波を抽出することによって、このようにパルス時間幅を変化させることなく、波長を変換することができる。

【0129】このように波長を775nmに変換するのは、光スイッチ30の図12に示した機能性薄膜32を形成するAlPooFが、上述したように600~800nmに対して吸収を示すからである。図13の場合の620nmに比べれば効率は落ちるものの、775nmでも光スイッチとして動作可能である。

【0130】この波長変換素子65からの波長775nmの出力光6から、信号光1および制御光2を生成して、図8の場合と同様の実験を行った。その結果、光マルチプレクサ62からの1THzの信号光1を、それぞれ10GHzの100チャンネルの出力光にデマルチプレックスできることを確認した。

【0131】なお、図13または図14の場合、フォトディテクタアレイ41は必ずしも光スイッチ30のすぐ前方に配置する必要はない。図12に示した光シャッタ部34を透過した後の回折光の広がり、広がり角θ、透過光の波長λ、透過部の径ω、および透過部の屈折

率nの間の式、 $\theta = \lambda / \pi \omega \cdot n$ に従って計算すると、 $\lambda = 620 \text{ nm}$ 、 $\omega = 100 \mu \text{ m}$ の場合、θが0.1°以下となって、極めて小さくなる。そのため、必要に応じて、光スイッチ30とフォトディテクタアレイ41との間に何らかの光学デバイスを挿入して、透過回折光の処理を行うようにしてもよい。

【0132】(反射型光スイッチの実施形態)図15は、図5または図6に示したような光分配方法ないし光分配装置の光スイッチとして用いて好適な反射型光スイッチの一実施形態を示す。

【0133】この光スイッチは、シリコン基板35上に、制御光が照射されるか否かによって屈折率が変化し、干渉反射による反射率が変化する反射層36を、互いに独立の複数の実効スイッチ部として形成したものである。

【0134】信号光1が、100チャンネルの信号光パルスの列からなる、繰り返し周波数1THz(パルス時間間隔1ps)、パルス時間幅100fsのもので、この信号光1の、図において番号1, 2...100で示す100チャンネルの信号光パルスを、繰り返し周波数10GHz(パルス時間間隔100ps)、パルス時間幅100fsの制御光2によって、パラレルに分離する場合を想定して、この反射型光スイッチを試作した。

【0135】光スイッチを信号光1に対して45°傾け、制御光2を光スイッチに垂直に入射させる場合として、信号光パルスの空間的距離間隔が300μmであるので、反射層36は、100個の信号光パルスの波面に対応するように、直径100μmの円形のものを、424μmのピッチで100個、一方向にライン状に並べて形成した。光スイッチの全長は、4.2cm強である。

【0136】反射層36としては、低温成長Beドープ歪InGaAs/InAlAsのMQW(多重量子井戸)を用いた。このMQWは、波長1.535μm、光強度10pJの入射光に対して、動作時間250fs、繰り返し周波数20GHzで応答し、この発明の光分配方法ないし光分配装置に用いる光スイッチとして十分な機能を有する。

【0137】ただし、反射層36としては、他の材料を用いることもできる。また、基板としても、シリコン基板35に限らず、反射層36に比べて反射率が十分に低いものであれば、他の材料のものを用いることができる。

【0138】(反射型光スイッチを用いる場合の具体例)図16は、上述した反射型光スイッチを用いる光分配方法および光分配装置の具体例を示す。ただし、図13および図14と同様に実験用のものである。

【0139】光スイッチ30の図15に示した反射層36を形成する上記のMQWが、光通信で主として用いられる1.55μm帯に対して十分動作可能であることから、この場合には、OPO61(パルス時間幅100f

10

20

30

40

50

s、発振周波数 82 MHz) からの、波長  $1.55 \mu\text{m}$ 、パルス時間幅 100 fs の出力光 5 を、そのまま、光マルチプレクサ 62 により、繰り返し周波数 1 THz (パルス時間間隔 1 ps)、パルス時間幅 100 fs の信号光 1 として、光学系 20 により進行方向に対して垂直な面方向に波面を広げて、光スイッチ 30 に入射させる。

【0140】光スイッチ 30 は、図 15 に示したように、上記の MQW からなる反射層 36 を 100 個、一方向にライン状に並べた反射型のもので、そのライン方向を信号光 1 の進行方向に対して  $45^\circ$  傾けて、信号光 1 の光路上に配置する。

【0141】出力光 5 は、また、制御光 2 として、光学的遅延手段 63 により遅延させ、シリンドリカルレンズ 64 によりライン状に集光させて、光スイッチ 30 に垂直に入射させる。

【0142】信号光 1 の光スイッチ 30 からの反射位置には、光スイッチ 30 に対して  $45^\circ$  傾けて、100 個の画素を一方向にライン状に並べたフォトディテクタアレイ 41 を配し、そのそれぞれの画素を光スイッチ 30 のそれぞれの反射層に対応させる。フォトディテクタアレイ 41 としては、図 13 および図 14 の場合と同様に、GaAs からなる超高速フォトダイオードを用いた。

【0143】そして、図 13 および図 14 の場合と同様に、OPO 61 の出力信号 7 を、遅延回路 67 により遅延させて、トリガー信号としてロックインアンプ 68 に供給し、フォトディテクタアレイ 41 の出力信号 8 を、ロックインアンプ 68 に供給して、ロックインアンプ 68 により、フォトディテクタアレイ 41 の出力信号 8 の変動成分を検出し、その検出出力をコンピュータ 70 により測定した。

【0144】その結果、信号光 1 と制御光 2 の光スイッチ 30 への照射タイミングを合わせたときのみ、フォトディテクタアレイ 41 の 100 個の画素の出力信号に同時に電圧変動が観測された。これは、制御光 2 によって、光スイッチ 30 の図 15 に示した上記の MQW からなる反射層 36 の屈折率が変化して緩衝条件が崩れ、反射層 36 からの反射光強度が増加して、その増加分がフォトディテクタアレイ 41 の 100 個の画素の出力信号に電圧変動として現れたためと考えられる。

【0145】上記の検出・測定を繰り返し、OPO 61 の出力信号 7 に対応してフォトディテクタアレイ 41 の出力信号 8 をモニターすることによって、光マルチプレクサ 62 からの 1 THz の信号光 1 を、それぞれ 10 GHz の 100 チャンネルの出力光にデマルチプレックスできることを確認した。

【0146】〔2 次元パラレル信号光に変換する場合の実施形態〕この発明は、シリアル信号光を空間的に 2 次元のパラレル信号光に変換する場合にも適用することが

できる。

【0147】この場合には、例えば、光スイッチを用いる場合であれば、図 17 に示すように、光スイッチ 30 を、一方向およびこれと交差する他方向にそれぞれ所定幅の広がりをもつ 2 次元のものとして、信号光 1 または制御光 2 に対して、2 軸方向に傾きを有するように配し、図では省略したが、他方の制御光または信号光は、例えば光スイッチ 30 に垂直に入射させる。

【0148】図 18 は、この場合の光分配方法および光分配装置の一実施形態を示し、透過型の光スイッチを用いて、これに信号光を斜めに入射させ、制御光を垂直に入射させる場合である。

【0149】光ファイバなどの光導波路 10 中を伝送した信号光 1' を、レンズを組み合わせて構成した光学系 20 に入射させて、光学系 20 の出射光として、進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた、各チャンネルの信号光パルスの列からなる信号光 1 を得る。

【0150】この信号光 1 の光路上に、一方向およびこれと交差する他方向にそれぞれ所定幅の広がりをもつ光スイッチ 30 を、信号光 1 に対して 2 軸方向に傾きを有するように配置して、信号光 1 を光スイッチ 30 に、その一方向および他方向のそれぞれ所定幅に渡って入射させる。

【0151】光スイッチ 30 は、1 次元の場合の図 1 または図 3 に示したそれと同様に、制御光 2 が照射されるか否かにより吸収係数が変化し、かつ緩和時間が短い非線形光学材料によって形成して、制御光 2 が照射された瞬間だけ、透過状態として信号光 1 を所定値以上の透過率で透過させるものとする。

【0152】信号光 1' からは、そのチャンネル数 (図の場合は、 $4 \times 4 = 16$ ) 分の信号光パルスにつき一つの制御光パルスからなる、信号光 1 に同期した、信号光 1 と同様に進行方向に対して垂直な面方向に波面が広げられた制御光 2 を形成し、その制御光 2 を光スイッチ 30 に垂直に、光スイッチ 30 の一方向および他方向のそれぞれ所定幅に渡って入射させる。

【0153】この場合も、それぞれの信号光パルスが光スイッチ 30 の対応する領域のみから、空間的に分離されて切り出されるように、制御光 2 の時間幅 (パルス幅) は、信号光 1 の広げられた波面方向の、光スイッチ 30 の各領域に対応する各空間位置部分の、光スイッチ 30 の各領域までの光路長の違いによる、光スイッチ 30 の各領域への到達時間の差より十分短くする。

【0154】光スイッチ 30 より前方側の信号光 1 の光路上には、光素子 40 を配置する。光素子 40 は、空間光変調器などの光処理素子または CCD アレイやフォトディテクタアレイなどの光検出素子で、しかも各画素 42 が 2 次元アレイ状に配列されたものとし、その各画素 42 を信号光 1 の上述した各空間位置部分に対応させる。

【0155】上述した方法ないし装置においては、制御光パルスが光スイッチ30の各領域を同時に照射し、同時に透過状態にする。そして、チャンネル数分の信号光パルスが光スイッチ30の対応する領域に同時に到達するように、光スイッチ30の信号光1に対する2軸方向の傾きを定めるとともに、チャンネル数分の信号光パルスが光スイッチ30の対応する領域に同時に到達する時点で、制御光パルスが光スイッチ30の各領域に到達するように、制御光2を信号光1に対して同期させる。

【0156】したがって、制御光パルスが光スイッチ30の各領域に到達した時点で、チャンネル数分の信号光パルスの互いに異なる空間位置部分が、光スイッチ30の対応する領域を、それぞれ透過して、それぞれ出力光パルス3aとして切り出され、光素子40の対応する画素で処理または検出される。したがって、各チャンネルの信号光パルスが2次元パラレル情報として取り出されることになる。

【0157】この場合にも、それぞれの出力光パルス3aは、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりを生じないことが望ましい。そのため、信号光1または制御光2の光路上に、図19に示すような、出力光パルスを個々に分離する透過ピクセル81を有するフィルタ80を配置することが好ましい。あるいはまた、光スイッチ30を、図12に示したような互いに独立の光シャッタ部34を、一方向および他方向に2次的に並べて形成したものとしてもよい。

【0158】上述した方法ないし装置では、光素子40の各画素42は、信号光パルスの時間間隔のチャンネル数倍の時間ごとに、対応する出力光パルスを処理または検出できればよい。したがって、信号光1のビットレートが1Tbit/s、パルス時間間隔が1psで、例えば、信号光1が100×100画素についての2次元画像情報を時間的にシリアルに多重化したものである場合には、光素子40の各画素42は、1ps×100×100=10nsの時間ごとに応答できればよい。さらに、信号光1が1000×1000画素についての2次元画像情報を多重化したものである場合には、各画素42の応答時間は1μsでよい。したがって、光素子40としては、現在考えられている、液晶などを用いた2次元空間光変調器などの光処理素子や、2次元CCDアレイや2次元フォトディテクタアレイなどの光検出素子を用いることができる。

【0159】さらに、信号光1のビットレートが1Tbit/s、パルス時間間隔が1psで、例えば、信号光1を100×100チャンネルの2次元パラレル信号光に変換する場合でも、図1の実施形態で示し、図12の透過型光スイッチで示したところから明らかなように、光スイッチ30は数cm角でよく、デバイスとして十分な実現性を有する。

【0160】以上のように、上述した実施形態によれ

ば、1Tbit/s以上というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易に、空間的に2次元の多チャンネルのパラレル信号光に変換することができる。

【0161】図18とは逆に、光スイッチ30を制御光に対して2軸方向に傾きを有するように配置して、制御光を光スイッチ30に入射させ、信号光を光スイッチ30に垂直に入射させてもよい。この場合には、制御光パルスが光スイッチ30の各領域を順次照射し、順次透過状態にするので、信号光パルスが光スイッチ30に到達する時点で、制御光パルスが光スイッチ30の、その信号光パルスに対応する領域に到達するように、光スイッチ30の制御光に対する2軸方向の傾きを定め、制御光を信号光に対して同期させればよく、これによって、それぞれの信号光パルスが光スイッチ30に順次到達した時点で、その信号光パルスのその信号光パルスに対応する空間位置部分が、光スイッチ30のその信号光パルスに対応する領域を透過して、出力光パルスとして切り出されるようになる。

【0162】また、光スイッチを反射型にしても、上述した透過型にした場合と同様に、シリアル信号光を空間的に2次元のパラレル信号光に変換することができる。

【0163】この場合にも、それぞれの出力光パルスが、隣接する出力光パルスとの間に空間的な重なりを生じないように、信号光または制御光の光路上に、図19に示したようなフィルタ80を配置し、または光スイッチを、図15に示したような互いに独立の反射層36を、一方向および他方向に2次的に並べて形成したものとするのが望ましい。

【0164】さらに、位相共役光を利用して、位相共役光を発生する光学デバイスを用いる場合にも、光スイッチを用いる場合と同様に、シリアル信号光を空間的に2次元のパラレル信号光に変換することができる。

【0165】この場合、図7または図11に示したように1次元のパラレル信号光に変換する場合と同様に、ミラーを用いることによって、前進ポンプ光および後進ポンプ光を形成することができ、さらに位相共役光発生デバイスとミラーとの間に1/4波長板を配置することによって、前進ポンプ光と後進ポンプ光の偏光方向を直交させ、出力光としての位相共役光を信号光であるプローブ光に対して直交した偏光のものとすることができる。

【0166】

【発明の効果】上述したように、請求項1の光分配方法、または請求項19の光分配装置によれば、1Tbit/s以上というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易に、空間的に1次元の多チャンネルのパラレル信号光に変換することができる。

【0167】請求項2の光分配方法、または請求項20の光分配装置によれば、1Tbit/s以上というような高ビットレートのシリアル信号光を、直接かつ容易

に、空間的に2次元の多チャンネルのバラレル信号光に変換することができる。

【0168】また、請求項8の光分配方法、または請求項26の光分配装置によれば、出力光の強度を大きくすることができ、さらに請求項10の光分配方法、または請求項28の光分配装置によれば、出力光の強度をより大きくすることができる。

【0169】また、請求項37または38の光スイッチ、または請求項39の光学デバイスは、上記の光分配方法または光分配装置に用いて好適である。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の光分配方法および光分配装置の一実施形態を示す図である。

【図2】図1の方法ないし装置の説明に供する図である。

【図3】この発明の光分配方法および光分配装置の他の実施形態を示す図である。

【図4】図3の方法ないし装置の説明に供する図である。

【図5】この発明の光分配方法および光分配装置のさらに他の実施形態を示す図である。

【図6】この発明の光分配方法および光分配装置のさらに他の実施形態を示す図である。

【図7】この発明の光分配方法および光分配装置のさらに他の実施形態を示す図である。

【図8】図7の方法ないし装置の説明に供する図である。

【図9】位相共役光を発生させる光学系を示す図である。

【図10】ブローブ光に対して直交した偏光の位相共役光を発生させる光学系を示す図である。

\*【図11】位相共役光を利用する場合の実験に用いた光分配方法および光分配装置を示す図である。

【図12】この発明の透過型光スイッチの一実施形態を示す図である。

【図13】透過型光スイッチを用いる場合の実験に用いた光分配方法および光分配装置を示す図である。

【図14】透過型光スイッチを用いる場合の実験に用いた光分配方法および光分配装置を示す図である。

【図15】この発明の反射型光スイッチの一実施形態を示す図である。

【図16】反射型光スイッチを用いる場合の実験に用いた光分配方法および光分配装置を示す図である。

【図17】2次元バラレル信号光に変換する場合の原理を示す図である。

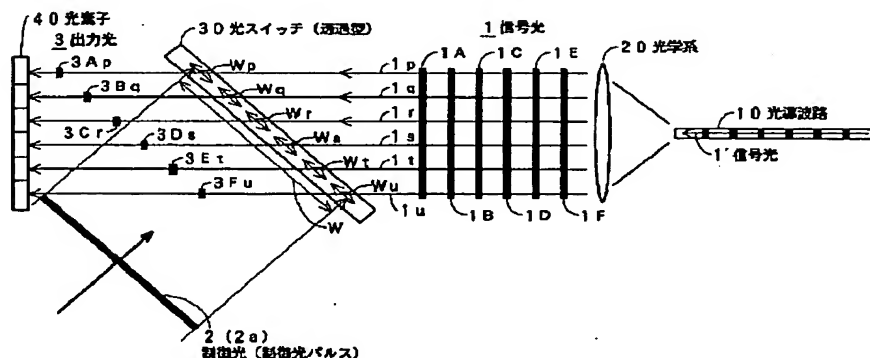
【図18】2次元バラレル信号光に変換する場合の光分配方法および光分配装置の一実施形態を示す図である。

【図19】図18の方法ないし装置に用いて好適なフィルタを示す図である。

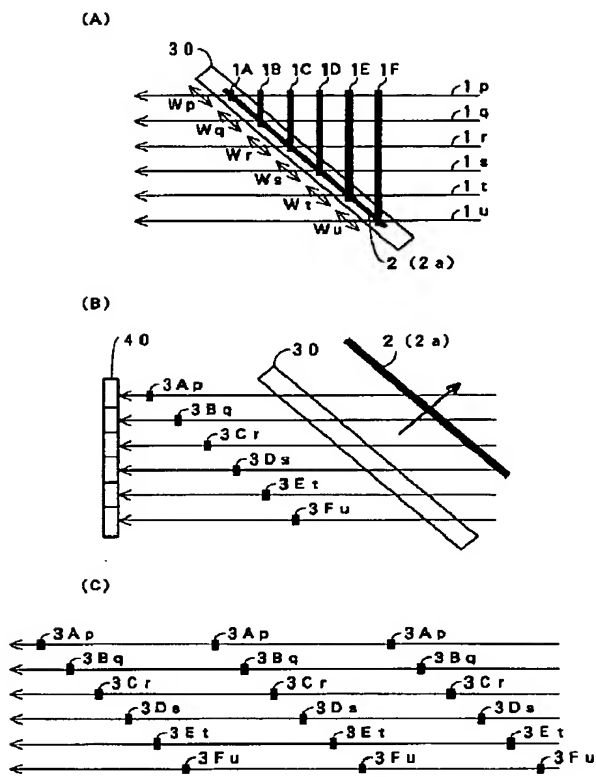
【符号の説明】

1…信号光、1A～1F…信号光パルス、1p～1u…空間位置部分、2…制御光、2a…制御光パルス、3…出力光、3Ap～3Fu、3Au～3Fp、3a…出力光パルス、Ep…ブローブ光、Ef…前進ポンプ光、Eb…後進ポンプ光、Ec…位相共役光、10…光導波路、20…光学系、30…光スイッチ、Wp～Wu…領域、32…機能性薄膜（ベース層）、33…遮光層、34…光シャッタ部、35…シリコン基板（基板）、36…反射層（実効スイッチ部）、40…光素子（光処理素子、光検出素子）、80…フィルタ、90…位相共役光発生デバイス、135…1/4波長板、136…ミラー、144…偏光ビームスプリッタ、

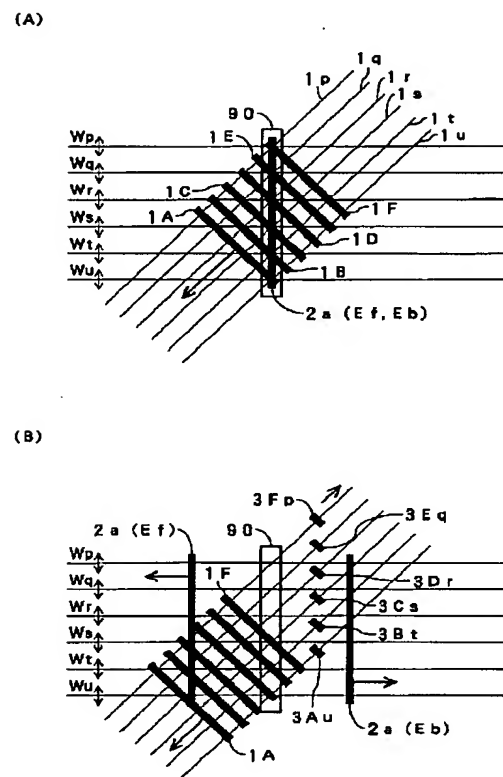
【図1】



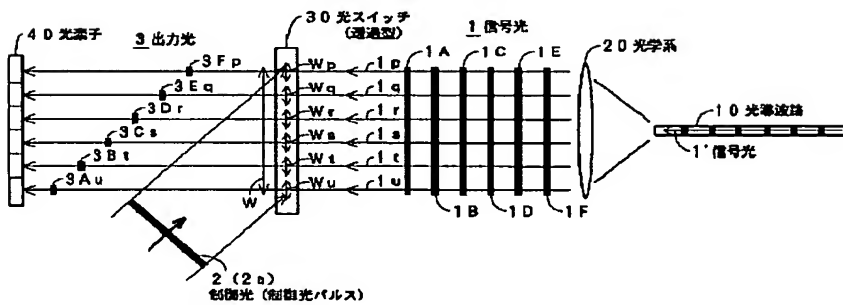
【図2】



【図8】



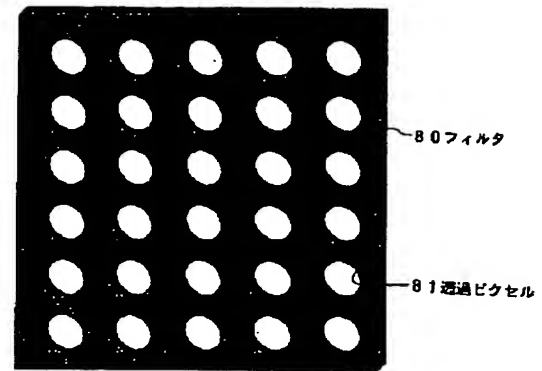
【図3】



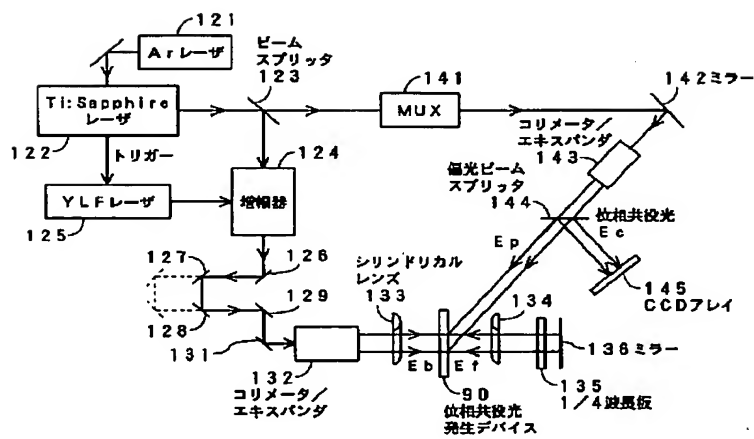


[illegible]

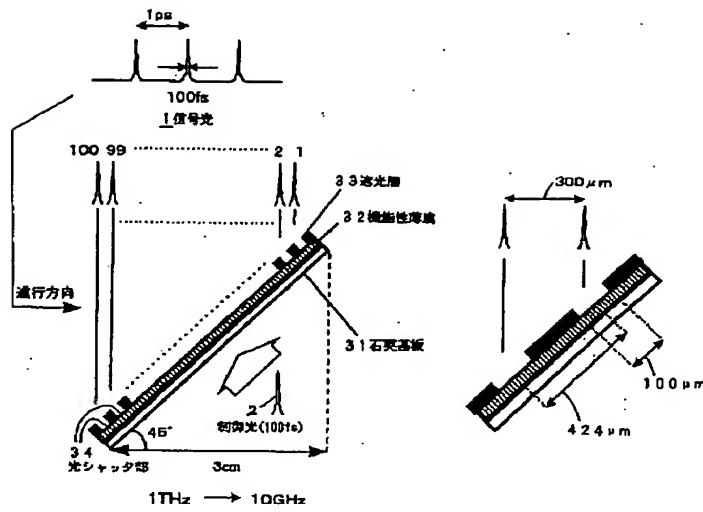
【圖 19】



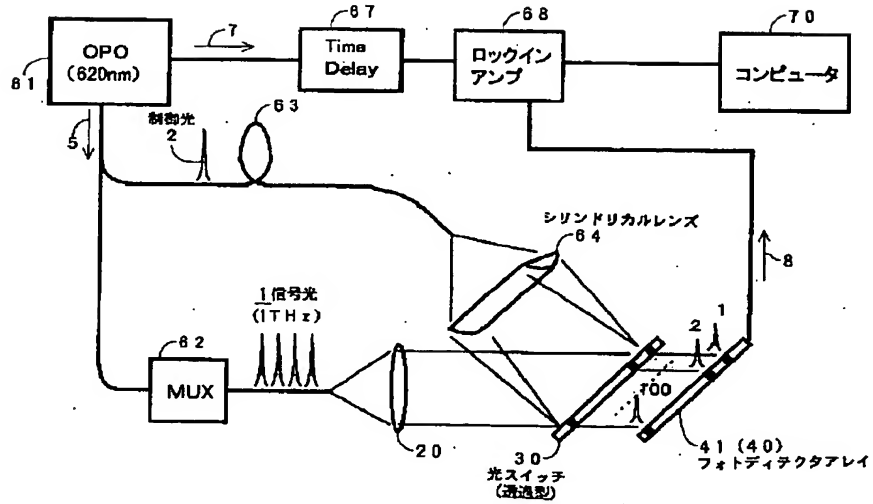
【圖 1 1】



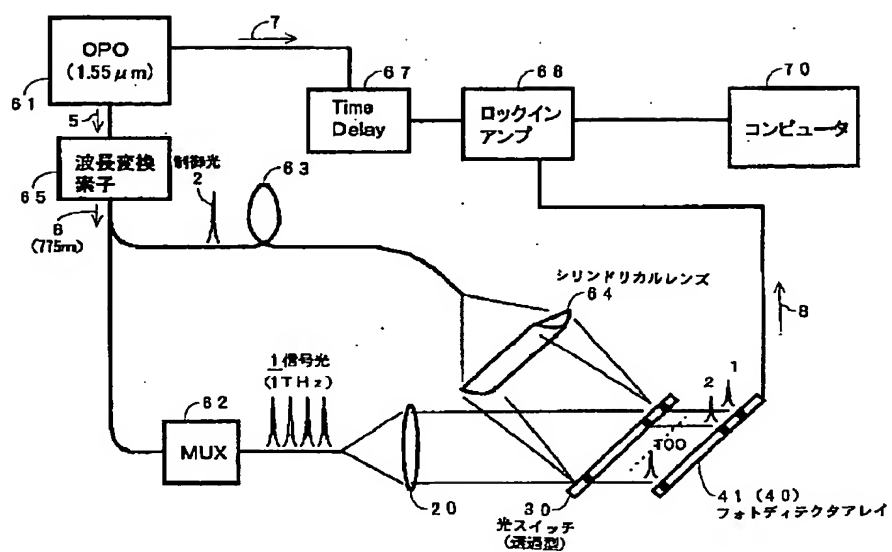
【図12】



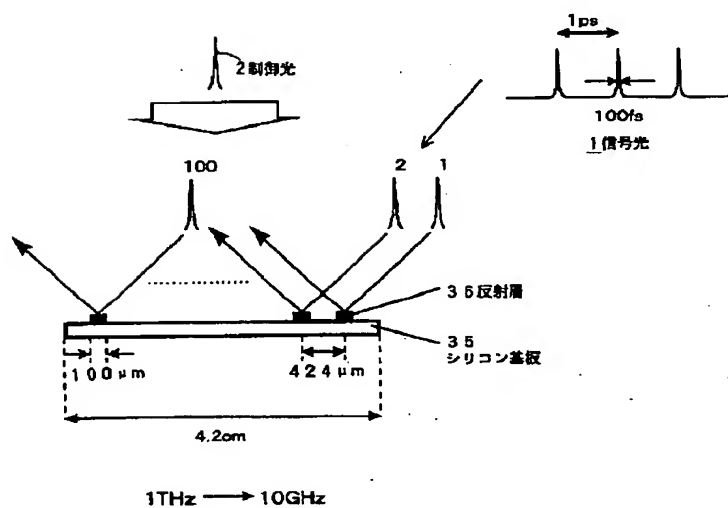
【図13】



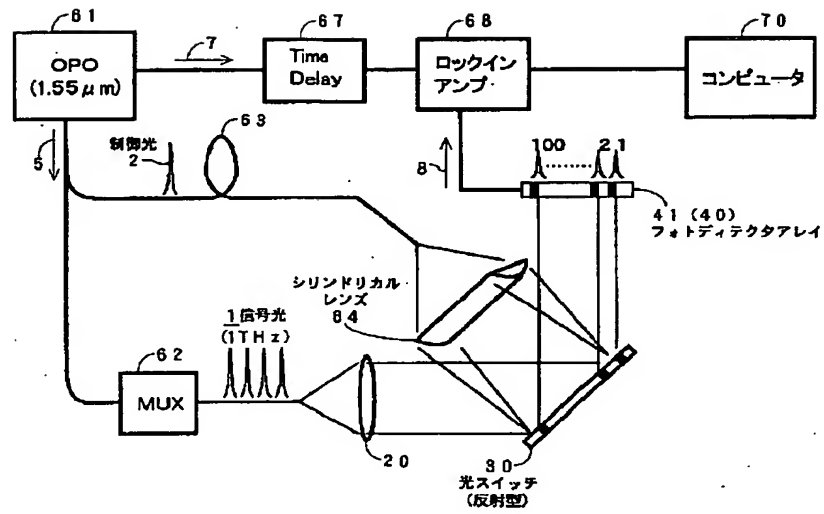
【図14】



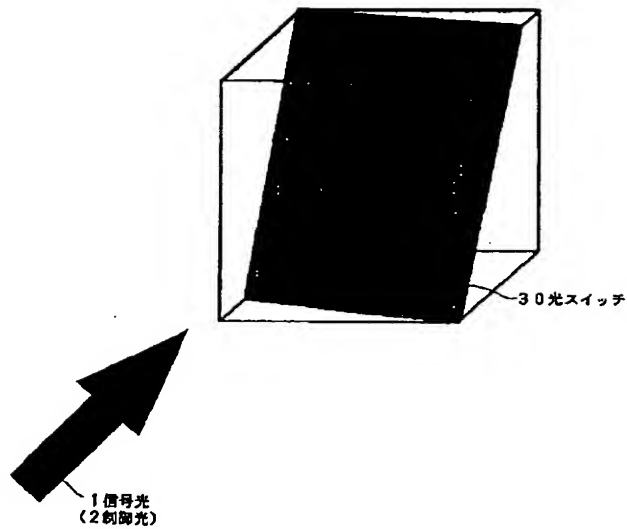
【図15】



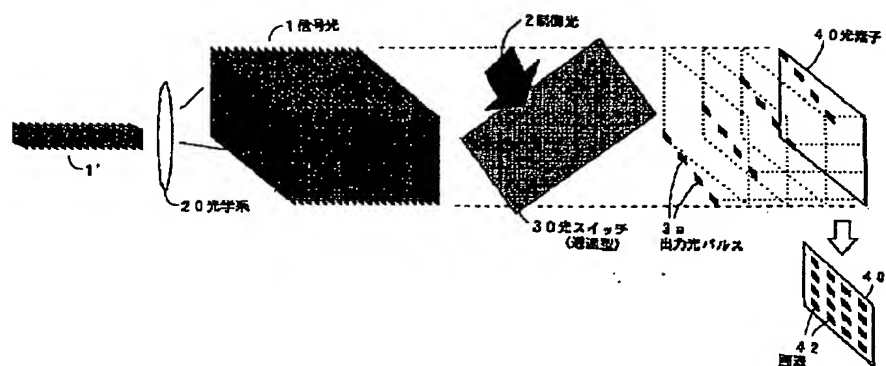
【図16】



【図17】



【図18】



フロントページの続き

(72)発明者 佐藤 康郊  
 神奈川県足柄上郡中井町境430 グリーン  
 テクナカ い 富士ゼロックス株式会社内